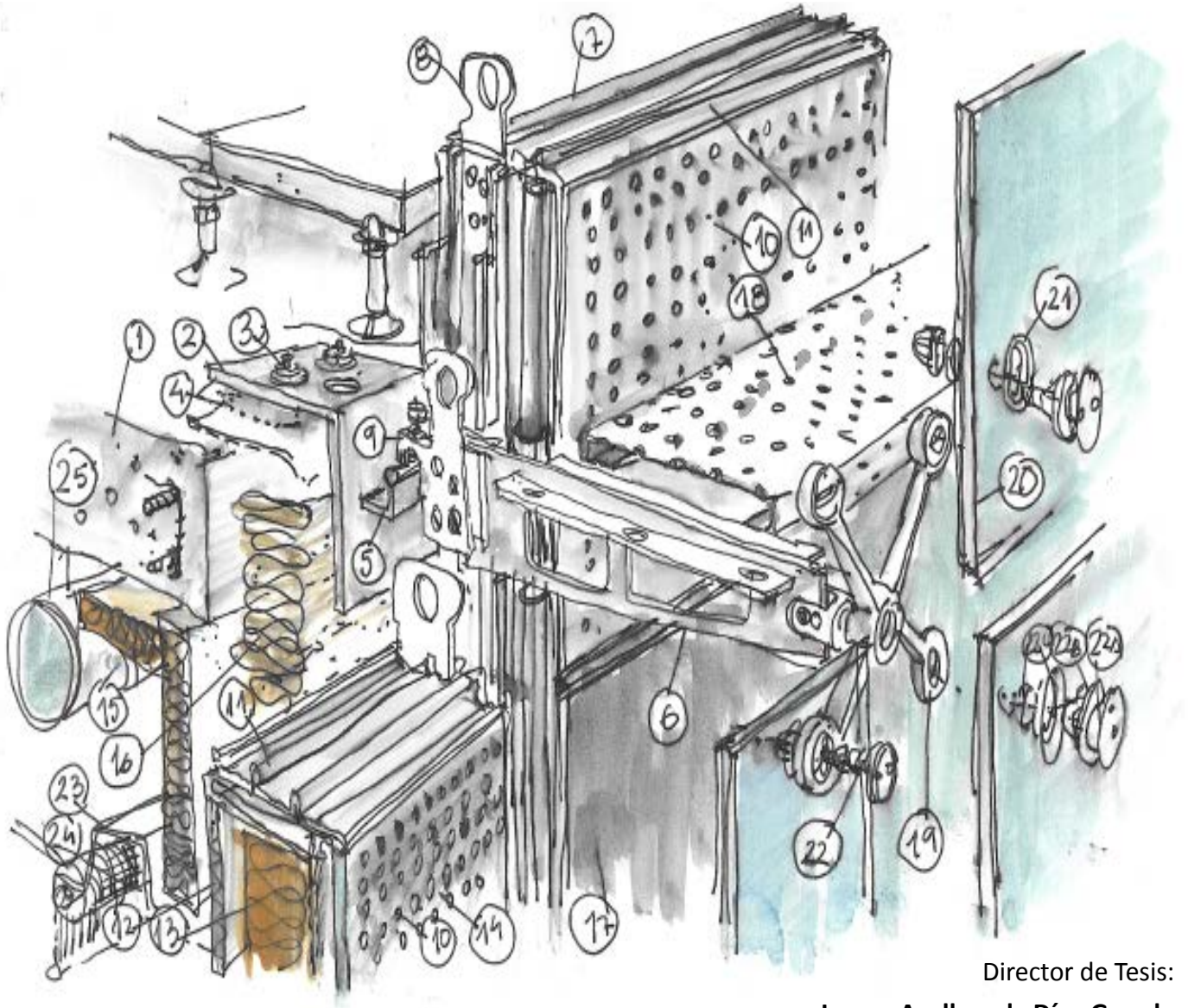


FACHADAS LIGERAS: UN PROCESO HACIA EL LÍMITE.

Diseño y Construcción de Fachadas Ligeras

Del concepto arquitectónico y el detalle técnico a la obra construida.



Director de Tesis:

Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Dr.Arquitecto

Programa de doctorado:

Tecnologia de l'Arquitectura, de l'Edificació i de l'Urbanisme

Tesis Doctoral:

XAVIER FERRÉS PADRÓ

Mayo 2017

FACHADAS LIGERAS: UN PROCESO HACIA EL LÍMITE.

Diseño y Construcción de Fachadas Ligeras

Del concepto arquitectónico y el detalle técnico a la obra construida.

Autor:

XAVIER FERRÉS PADRÓ

Director de Tesis:

Jaume Avellaneda Díaz-Grande

Dr. Arquitecto

Programa de doctorado:

Tecnologia a l'Arquitectura, l'Edificació i l'Urbanisme

Departamento:

Tecnologia a l'Arquitectura

Universitat Politècnica de Catalunya



Mayo 2017

A Mariajosé por todo lo que me dio y lo que aprendí a su lado, con su ejemplar sonrisa permanente frente a todas las dificultades.

A mis hijos Rocío, Xavi y Cristina, vosotros sabéis por qué.

A mis padres Eduard y Maria Teresa y a mis hermanos Eduard, Jordi, Miquel, Ana, María José i Vicenç.

A los buenos amigos que también son parte de mi familia.

Con todos vosotros esto y muchas otras cosas tienen sentido.

Resumen.

Desde las últimas décadas y especialmente en los últimos años, las fachadas ligeras son el más claro exponente de la tecnología y la innovación en construcción. Protagonistas de gran cantidad de edificios convencionales, caracterizan especialmente los más singulares. La evolución constante tanto del concepto de envolvente, que se ha visto subdividido cada vez en estratos más definidos y diferenciados, como de los sistemas de construcción ligera y de los productos específicos para su industrialización, ha posibilitado responder a proyectos de máxima exigencia técnica y formal.

Esta Tesis Doctoral se centra en el estudio del estado actual y de los últimos treinta años de las fachadas ligeras, así como de su continua sofisticación. Desde la experiencia se profundizará en el proceso de desarrollo de arquitecturas de calidad como base para una propuesta de método a seguir para acercarse al límite de lo posible, como tendencia de futuro.

Se enmarca, por tanto, la *fachada ligera* dentro del ámbito de los llamados *cerramientos ligeros*, con sus variantes y combinaciones de sistemas constructivos, desde muros cortina, fachadas *trans*-ventiladas a fachadas de doble piel, construidas con los más diversos materiales, siendo los más habituales el vidrio, metal, cerámica o materiales pétreos o compuestos plásticos, así como otros de más reciente aplicación y desarrollo, en cualquiera de sus múltiples formulaciones.

La tendencia actual es la mejora constante del comportamiento de los componentes y sistemas y, en consecuencia, de las prestaciones generales de los edificios a los que dan forma. Era previsible, y ya es una realidad, que lo que se denominan edificios de altas prestaciones necesiten de soluciones constructivas adecuadas para incorporar materiales sofisticados, que en su conjunto incrementen los niveles de estabilidad, seguridad, durabilidad o habitabilidad. Estos, además, han de ser altamente eficientes en cuanto a la energía y han de combinar otras prestaciones como la facilidad de industrialización, el bajo coste, la fiabilidad a largo plazo.

La aceptación, y por ello la generalización, del uso de las tipologías de fachadas ligeras, desde las más simples de una sola hoja, a las más sofisticadas de varias pieles convenientemente ordenadas, ha ido creciendo simultáneamente con la necesaria racionalidad del uso de la técnica.

En este punto, podemos avanzar que el objetivo de esta Tesis Doctoral es, por un lado, profundizar en las variables de diseño y construcción de fachadas ligeras y, por otro, desarrollar y pautar un proceso que asegure la calidad de las envolventes, mejore y optimice las soluciones ya empleadas y, a la vez, no solo acote sino que permita reducir las incertidumbres desde el inicio del diseño.

Investigar y conocer las claves del funcionamiento de los sistemas constructivos permitirá plantear tanto las vías de mejora de los que ya se utilizan hoy, como desarrollar nuevos sistemas. Es decir, un profundo conocimiento del campo permite reflexionar y plantear posibles líneas de avance, optimizando las soluciones convencionales, planteando nuevos sistemas de construir y de planificar y así acercarnos a los límites de lo posible con el objetivo último sobrepasarlos. Este proceso, por tanto, podría ser la base de la innovación tecnológica del diseño y construcción de fachadas ligeras.

Por otro lado, también se demostrará la importancia que tiene la construcción de prototipos a escala real, como final del proceso de diseño arquitectónico e inicio de la fase de materialización. No solo permiten la validación de la imagen de las propuestas, también hacen posible, en lo que a técnica se refiere, verificar la viabilidad, calidad y prestaciones reales mediante su uso en ensayos en laboratorio o a pie de obra. Con ello se pretende asegurar la coherencia entre las ideas y conceptos fijados en origen y las soluciones propuestas en fases de proyecto previas a su fabricación y construcción.

Este documento también pretende ser un testimonio de las actividades de concepción y producción de arquitecturas vinculadas a las fachadas ligeras, como forma de comprobar la correspondencia recíproca entre la arquitectura y la industria de la construcción, es decir, la conexión imprescindible entre los avances de ambas puesto que la buena arquitectura debe estar siempre ligada a la buena construcción.

Por último, el estudio de numerosos casos de referencia construidos, en España y a nivel internacional, constituyen el verdadero trabajo de laboratorio de esta Tesis, en el que se ha podido comprobar, en su fase experimental, que el detalle constructivo es el nexo de unión entre el mundo de las ideas y el de la materialidad en sus múltiples permutaciones.

Abstract.

For the last decades, and especially in the very last years, light facades have been the greatest exponent of technology and innovation in the field of construction. While they have played the leading role in a big number of conventional buildings, they characterize the most singular ones. It has only been possible to respond to projects of the highest technical and formal demands thanks to the permanent evolution of both the concept of enveloping systems, which have been subdivided into more determined, more defined layers every day; and the systems of light construction and the specific products used in its industrialization.

The present Thesis is focused on the study of the current state and the last thirty years' background in the domain of Light Facades in Spain's national scene, as well as internationally, as well as their continuous sophistication. My professional experience constitutes the base upon which I will delve into the process of development of high-quality architectures as well as the fundamentals of a method which will allow to push the limits of this science as a trend for the future.

Consequently, this investigation works within the framework of, what we call, *light enveloping systems*, and their multiple variations and combinations. These encompass constructive systems that go from curtain walls and trans-ventilated facades to double-skin facades, which can take form in the most diverse materials and combinations, being glass, metal, plastic, stone and ceramic the most usual ones, but also including the most recently developed and applied in any of its multiple formulations.

The current trend is to constantly enhance the components and light enveloping system's performance, which results in an improvement of the general building's features. Buildings projected under the recently created concept of *High Performance Buildings*, will need suitable construction solutions for their sophisticated requirements in terms of stability, security, durability or habitability. In addition to the previously mentioned, these buildings need to be energetically highly efficient and must combine other features such as their easy industrialization, low cost or future reliability.

The acceptance and, consequently, the generalization of the use of these typologies of light façade has grown along with the essential rationality of technique, from the simplest, single-layered ones to the most sophisticated, properly arranged, multiple-skinned systems.

At this point, it is safe to anticipate that the target of this thesis is, on the one hand, to go deep into the variables of design and construction of Light Facades and, on the other, to develop and provide guidelines for a process which grants the quality of the enveloping system, improves and optimizes the existing solutions and, simultaneously, reduces the uncertainties when designing the new ones.

The investigation on the key points of the functioning of the constructive systems will make possible to lay out both the possible ways of improvement of the existing systems and the ways of developing new ones. Thus, the profound knowledge of the field allows us to reflect on and to set out possible paths of progress, optimizing the conventional solutions, laying out new systems of building and planning so as to approach to the limits of what is possible and, ultimately, trespassing them. Hence, this process could be the base for the technological innovation of the light faces' design and construction.

Furthermore, the present paper will also demonstrate the importance of the construction of real-scale prototypes which constitute both the final phase of the process of architectural design and the start of the materialization process. Not only they make possible the image validation of the solutions arranged, but they also allow verifying the viability, quality and real behavior in terms of technique thanks to their testing in a laboratory or directly the construction site. By means of the prototypes, we intend to grant the coherence between the original ideas and the final solutions laid out during the project stages prior to their fabrication and construction.

This document is also testimony of the activities of conception and production of architectures associated to light façade systems as a way of proving the reciprocity between architecture and industry. The connection between these two is crucial given that the progress of one depends on the other and vice versa: good architecture demands good construction.

Last, but not least, through several reference study cases in Spain-based and internationally, constitute the real laboratory work of this thesis where I have been able to verify, on its very experimental stage, that the constructive detail is the nexus between the sphere of ideas and that of materiality in its many permutations.

Agradecimientos

Al terminar esta tesis, permítanme dar las gracias y pedir perdón. Gracias por el apoyo recibido y perdón por el tiempo y dedicación sustraídos. Quisiera agradecer a tanta gente que ha confiado en mí como arquitecto, como docente y como amigo, porque su exigencia ha sido un aliciente fundamental para progresar. Gracias también a mis alumnos por todo lo que me han enseñado durante tantos años.

Gracias a todas las personas que han sido influyentes y han jugado un papel destacado en mi formación personal y profesional. Espero que este trabajo sirva de reconocimiento y que sus expectativas se puedan ver cumplidas. Gracias a Justiniano Aporta, Francesc Arbós, Romà Arranz, Ramón Araujo, Enrique Azpilicueta, Jean Pierre Bouanha, Jaume Ferrer, Pere Fradera, Antonio Frausto, Ángel Funcia, Pablo Garrido, Eduard Gascón, Carlos Lamela, Josep Lluís Mateo, Pepe Pérez, Manuel Pose, Federico Ravella, Marià Vallés, y Fermín Vázquez.

Gracias a mis compañeros, con los que he compartido muchas de las arquitecturas de las que trata esta tesis, especialmente a Javier García, Alex Jutglà, Leandro Heine, Roser Margarit, Carmen Ros, José Bellés, Joan Coll, Pilar Descárrega y a Alexandre Esteva por su empuje, clave al final de este trabajo.

Como no, he de mencionar a mi maestro y profesor Jaume Avellaneda, cuya sabiduría combinada con una paciencia infinita, me ha conducido hábilmente para terminar este trabajo. Nunca podré agradecer lo suficiente su dedicación y por supuesto su habilidad casi mágica, para conseguir que un alumno como yo, fuese capaz de llegar a este punto.

Gracias también a mis padres, Eduard y María Teresa por su ejemplo de bonhomía y porque desde siempre nos han inculcado la afición por la constancia en el esfuerzo.

Gracias a mis hijos. Muy especialmente a Rocío por su inestimable ayuda en los momentos más duros de este trabajo, a Xavi y a Cristina, arquitecta de la cuarta generación de la familia. Perdón porque no les he dedicado tantas y tantas horas, a pesar de ello, me han respondido siempre con su complicidad, ánimo y estímulo constante, en ellos he tenido mi refugio.

Termino de una manera especial. **Gracias Mariajosé**, porque durante todos estos años me has transmitido la ilusión y la energía suficiente para ser feliz. Seguro que estás disfrutando conmigo viendo cumplida esta tarea que empezamos juntos. Nos vemos en el Cielo.



“de las tinieblas me llegan los guiños de un faro,
destello...7 segundos de oscuridad, destello...7 segundos de oscuridad,
es el cabo Machichaco, cuando amanezca veré las montañas.
La tierra está ahí”.

Eh Petrel jji

Villar, Julio. (1974)

Índice de la Tesis:

1. Introducción. 14

2. Ámbito de la investigación. 19

3. Antecedentes. 27

 3.1. Aspectos de diseño. 28

 3.2. Aspectos técnicos. 28

 3.3. Aspectos normativos. 29

 3.4. Aspectos culturales. 29

 3.5. Presente. El oficio de construir..... 30

 3.6. Falta de recursos y atención. 31

 3.7. Un terreno para la especulación. 32

 3.8. Aprender de lo construido. 35

4. Objetivos de la Tesis. 41

5. Metodología. 45

6. Situación personal en el ámbito de las fachadas ligeras. 51

7. Diseño tecnológico de la fachada ligera. 59

 7.1. Acerca de los límites. 59

 7.2. La fachada ligera y el muro cortina 62

 7.2.1. Algo de historia 62

 7.2.2. Primera aproximación. 74

 7.2.3. Comportamiento estructural. 75

 7.2.4. Agua 79

 7.2.5. Luz, visión y energía 83

 7.2.6. Ventilación..... 92

 7.2.7. Aislamiento Acústico 94

 7.2.8. La energía 95

 7.2.9. Fuego..... 101

 7.2.10. Montaje..... 102

 7.2.11. Sistemas clásicos de un muro cortina. 104

 7.2.12. Silicona estructural..... 106

 7.2.13. Vidrio estructural abotonado. 109

 7.2.14. Suspensión y tensado..... 113

 7.2.15. De los elementos de control solar a la
 doble piel. 114

7.2.16. Tejidos y lamas.	116
7.2.17. Parasoles fijos.....	117
7.2.18. Parasoles de vidrio.	118
7.2.19. Doble hoja.	118
7.2.20. Mantenimiento, limpieza y durabilidad.	119
7.2.21. Hoy.	121
7.3. Fachadas multifuncionales. FMF. La doble piel.....	124
7.3.1. Evolución.....	125
7.3.2. Funcionamiento y principios.	128
7.3.3. Prestaciones.	134
7.3.4. Pros y contras.	134
7.3.5. La construcción de la doble piel.	136
7.3.6. Resumen de variables de proyecto de las FMF.	143
7.3.7. Tres casos de FMF.....	146
7.3.8. El presente y el futuro de las fachadas multifuncionales.	154
7.4. El fuego	155
7.4.1. La ligereza como problema.	155
7.4.2. Causas básicas del inicio.....	157
7.4.3. Causas generales de la propagación.	158
7.4.4. La normativa como condicionante de diseño.	159
7.4.5. Las consecuencias formales y de proyecto. ...	161
7.4.6. Los materiales disponibles y las soluciones constructivas.	164
7.4.7. Fachadas ventiladas y fachadas de doble piel.	167
7.5. El nudo es la clave.....	172
7.5.1. Hospital CIMA Sanitas, Barcelona.	177
7.5.2. Hotel AC Forum. Barcelona 22@.....	179
7.5.3. El nudo nº 3 Hospital Infanta Leonor.	184
7.5.4. CCIB, Centro de Convenciones Internacional de Barcelona.	187
7.5.5. El Nudo nº7 Edificio oficinas Ebrosa, Madrid.	191

8. Diseño y construcción.	197
8.1. Desde el arquitecto artesano a la consultoría.	198
8.2. Los consultores.	199
8.3. Las fases de proyecto. Actividades de la misión completa.....	202
8.3.1. El Proyecto según código técnico de la edificación. CTE.....	203
8.3.2. Estrategias de calidad.....	205
8.3.3. Competencias de la consultoría de fachadas.	208
8.3.4. Fases de proyecto y obra.....	209
8.3.4.1. Fase de proyecto.	210
8.3.4.2. Fase de contratación.	214
8.3.4.3. Fase de obra.....	215
8.3.4.4. Fase de recepción y final de obra.....	220
8.4. El futuro.	224
9. Los prototipos.....	229
9.1. Estudio de caso de prototipos 1.....	246
9.2. Estudio de caso de prototipos 2.	251
10. La metodología: proceso de diseño y tecnología.	259
10.1. De la idea al diseño final.	259
10.2. Metodología Propuesta.	260
10.2.1. Fase de diseño.....	261
10.2.1.1. Idea.....	261
10.2.1.2. Concepto arquitectónico.....	261
10.2.1.3. Concepto de fachada.....	262
10.2.1.4. Definición de los sistemas de fachadas. .	262
10.2.1.5. Componentes y materiales.....	263
10.2.1.6. Detalle técnico y concreción.....	263
10.2.1.7. Parámetros de comportamiento.	263
10.2.1.8. Prototipos.....	266
10.2.2. Fase de construcción. Del proyecto de construcción al As built.	267

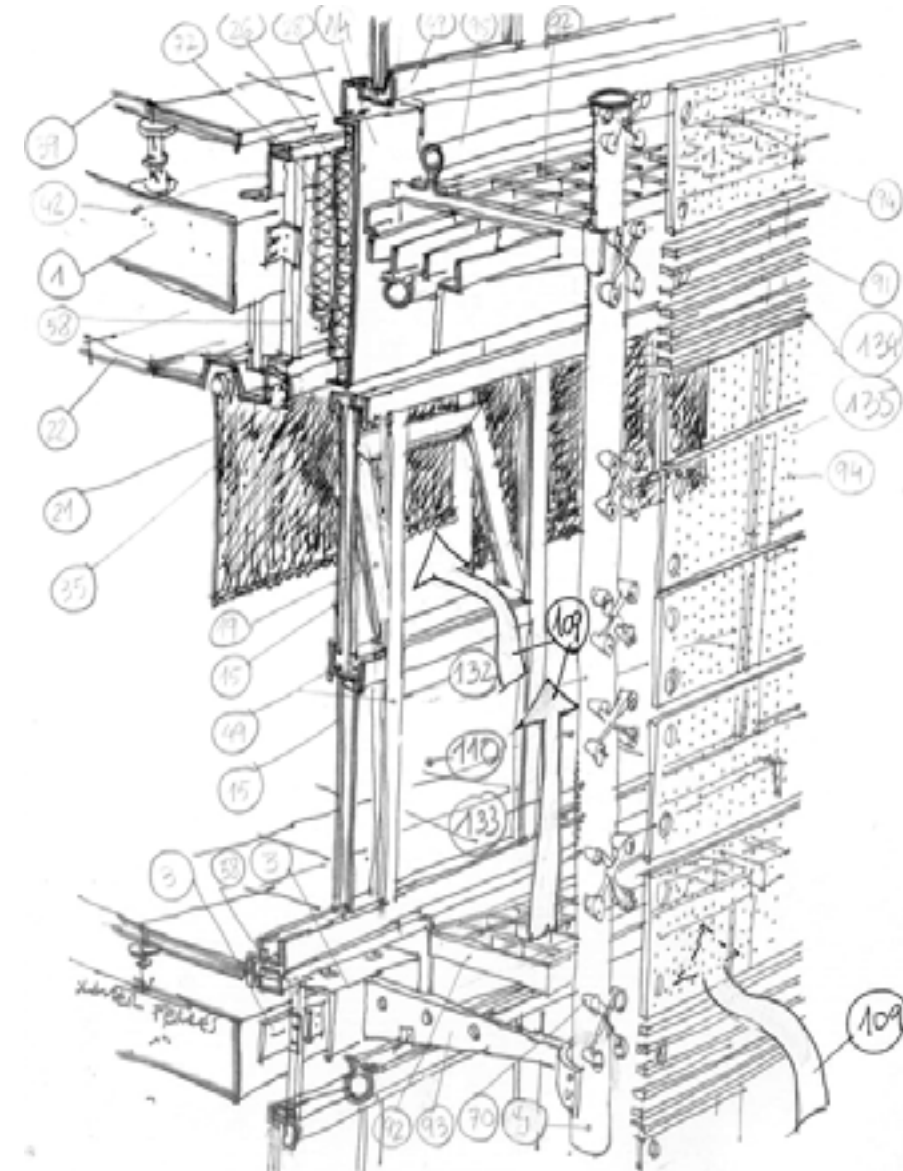
11. Estudios de caso.	273
11.1. Introducción.....	273
11.1.1. Criterios de la selección.	274
11.2. Estructura de las fichas.	279
11.2.1. Estudio de caso nº 1. Diagonal 640.	282
11.2.3. Estudio de caso nº 3.Torre Agbar.	296
11.2.4. Estudio de caso nº 4.Edificio Génova 27.	300
11.2.5. Estudio de caso nº 5.Hotel Torres Porta Fira y edificio de oficinas.	304
11.2.6. Estudio de caso nº 6.Filarmónica Szczecin. ..	309
11.2.7. Estudio de caso nº7. Torre Puig.	313
11.2.8. Estudio de caso nº8. Hotel Catalonia.	318
11.2.9. Estudio de caso nº9. Torre Astro.	322
11.2.10. Estudio de caso nº10. Torre Cuatrecasas. ..	326
12. Conclusiones.....	333
12.1. Resumen a modo de decálogo.....	337
12.2. Propuestas de futuro de continuidad y evolución de este trabajo.	338
13. Reflexión personal.	341
14. Bibliografía consultada.	347
15. Webgrafía consultada.....	352
16. Anexo 1.	
16.1. Estudios de caso – Proyectos.	11
17. Anexo 2.	
17.1. Listado de conferencias, cursos y jornadas técnicas relevantes.....	357
17.2. Listado de publicaciones relevantes.	369
17.3. Listado de artículos en revistas y libros de ponencias de congresos	363
17.3. Currículum	377

Nota preliminar del autor acerca de la procedencia de las imágenes.

Todos los croquis, esquemas y dibujos de esta tesis doctoral son del autor, excepto los del concepto inicial de las obras de Zaha Hadid, de Rafael Moneo y Barozzi y Veiga.

Todas la imágenes de esta tesis doctoral son del autor, con excepción de algunas de ellas, que han sido extraídas de las páginas web de los autores de las obras o en algún caso de la bibliografía consultada.

Introducción



“La arquitectura está determinada por las nuevas tecnologías. Necesariamente debemos abrirnos a su conocimiento. Y el problema es que nos movemos en un terreno muy nuevo, en el que todos los aspectos tienen que relacionarse para lograr respuestas integradoras. En este panorama la formación técnica es vital.”

Ramón Araujo. La Arquitectura como Técnica.

1. Introducción.

La fachada caracteriza y referencia muchos de los edificios que se construyen, de tal manera que los arquitectos tratan de singularizar sus proyectos con ellas, intentando que sus arquitecturas se expresen a través de envolventes únicas y que, a la vez, expresen la calidad del proyecto, de las personas y de las instituciones que lo ocupan.

Las arquitecturas con fachadas singulares se abordan comúnmente solo desde la forma. En contadas ocasiones se tratan también desde una visión técnica, que suele ser parcial, y es normalmente un discurso paralelo al de la forma. Es decir, sólo se proyecta desde la técnica cuando ésta favorece los argumentos de una supuesta modernidad, convirtiéndose en poco más que un valor añadido a lo puramente formal cuando en realidad, técnica y forma no pueden desvincularse porque son lo mismo.

En pocos años, la fachada ha pasado de ser una simple línea física que separaba el interior del exterior del edificio, a ser un límite difuso que desde el punto de vista de la tecnología, se entiende como una membrana compleja a través de la cual tienen lugar los intercambios de energía más importantes de un edificio. Este enfoque es uno de los que habitualmente se tiene en cuenta y sirve de argumento clave en el momento de optar por la aplicación de las diferentes posibilidades de sistemas y materiales ligeros.

Por contradictorio que pueda parecer, el lugar, la relación interior-exterior, la variabilidad día-noche a lo largo del año queda en un segundo plano muy por detrás de aspectos puramente formales.

Por otro lado, los sistemas informáticos disponibles permiten proyectar formas de geometrías complejas, hasta hace poco inasequibles, a la vez que facilitan la representación con imágenes de una realidad futura que, normalmente, vincula el éxito del proyecto al diseño de las envolventes.

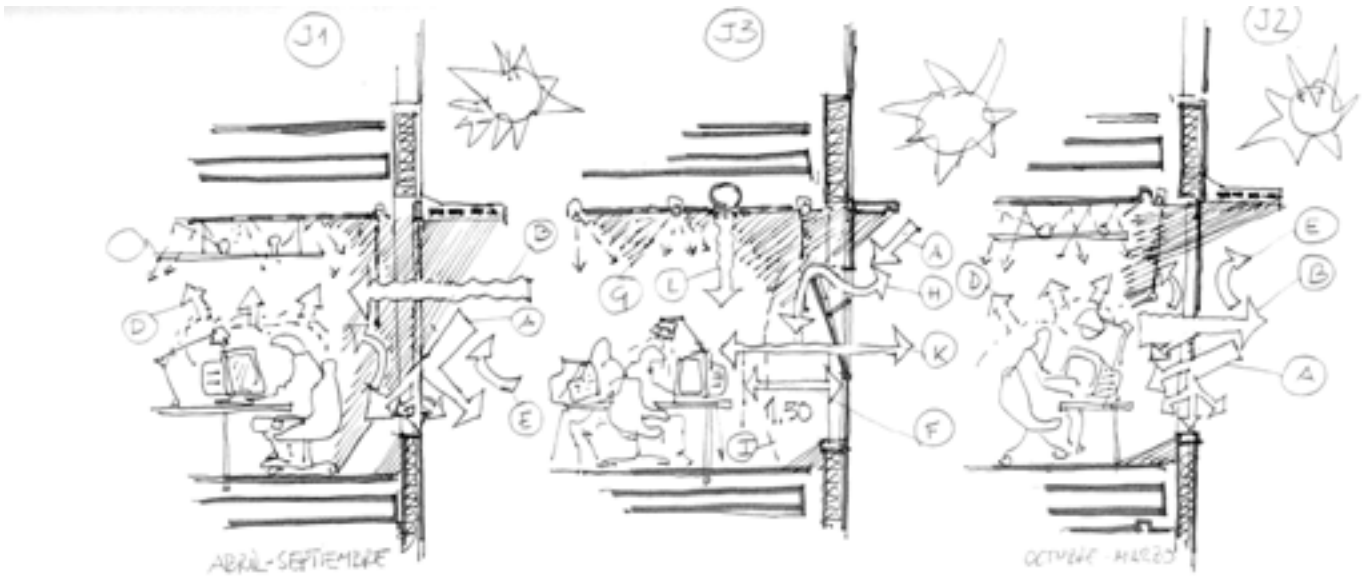


Plaça Europa, L'Hospitalet. Bcn

Cada vez más, las aplicaciones informáticas también hacen posible prever, mediante cálculos, las prestaciones y el funcionamiento de los cerramientos de fachadas complejas y de sus componentes con mayor fiabilidad. En consecuencia, se pueden optimizar los sistemas y el dimensionado de las estructuras, climatización, iluminación natural y artificial, los puentes térmicos y los aislamientos, con las ventajas de ahorro económico, energético y mejora de confort sin perder de vista la arquitectura o el concepto general de la obra y sus cerramientos.

Está claro que desde las últimas décadas, y más en los últimos años, las fachadas ligeras son el más claro exponente de la tecnología y de la innovación en construcción, razón por la cual son el protagonista de gran cantidad de edificios singulares de la arquitectura moderna en los que el vidrio es tal vez uno de los materiales más tópicos y fascinantes. Así, la arquitectura tiene el reto de armonizar la materialidad con la transparencia a la vez que trata de encontrar un nuevo diálogo entre el interior con el espacio exterior y desde el exterior y su volumen con el interior. En definitiva se trata de poner en orden los elementos capaces de resolver arquitecturas pensadas para el lugar.

Por su protagonismo parecería que el vidrio es el típico recurso material, pero no es así, porque la tendencia es utilizarlo en combinación con otros de nueva generación, formando sucesivos estratos de filtros y capas opacas, transparentes o traslúcidas, fijas o móviles, que separan, o unen el interior del exterior y tamizan el paso de la luz, las vistas y la energía solar. Consecuentemente, se hace necesario afinar en el desarrollo y diseño técnico de las arquitecturas avanzadas con todo tipo de permutaciones de materiales, productos y sistemas de construcción ligera.



Esquema de principales intercambios a través de la fachada.

Por tanto, es posible adaptar los espacios de habitar a su entorno y hoy si es posible un alto grado de confort del usuario, que debiera ser otro de los grandes objetivos de la arquitectura de fachadas, que es asumible a través de la aplicación de acristalamientos selectivos, sistemas y mecanismos de control que se adaptan a las condiciones ergonómicas de temperatura, humedad, ventilación y luz natural, combinadas con las artificiales.

Por otro lado, son cada vez más frecuentes los errores derivados de las readaptaciones de soluciones complejas importadas de otras latitudes, sin una reflexión cuidadosa del lugar, donde los requisitos, las dotaciones económicas, los modelos de gestión y la capacidad técnica de los diferentes agentes no se han valorado con el rigor necesario.

La profusión de cerramientos ligeros formalizados con los más diversos materiales y geometrías, con lógica y discurso propios que ignoran el contenido que envuelven, es cada día más patente y parece que haya un acuerdo para la búsqueda de un “estilo internacional” que menoscaba el entorno y repite modelos con muy pequeñas variaciones, sin considerar cuestiones tan elementales como las descritas anteriormente como el confort del usuario, el uso, o la viabilidad de su construcción.

Desgraciadamente, el paso desde el mundo de las ideas a la realidad construida es un largo camino que no siempre tiene el final que se espera. Son muchos los factores determinantes de la calidad resultante, especialmente en el ámbito de las fachadas ligeras, por eso hace falta profundizar en el estudio de las soluciones válidas tanto de la tecnología como de los procesos, para así mejorar la materialización de las nuevas propuestas.

Es habitual que, en el diseño y la construcción de cerramientos ligeros, se aborden de forma separada desde el inicio del proceso “el qué y el cómo”, dejando de lado la tecnología con el convencimiento de que se resolverá con éxito cualquiera de las propuestas arquitectónicas, porque todo es posible. Propuestas que, de facto, la ignoran cuando, se considera que el “qué” corresponde a los argumentos y el “cómo”, a otras disciplinas de la tecnología.

Aspectos como el proceso de diseño, su método, la planificación, los procesos industriales, los materiales y sus transformaciones, o sencillamente los conocimientos básicos de la técnica de la construcción, son determinantes para la consecución de los objetivos que se plantean en el origen de cualquier proyecto de calidad y cuya experiencia, de no ordenarse convenientemente, puede resultar frustrante.

Por todo ello, hace falta seguir trabajando en dos aspectos fundamentales: de una parte, la industria en los diferentes departamentos de investigación y de formación; junto con las universidades, para así encontrar cómo adecuar el alto nivel de exigencia formal a la tecnología, las normativas y las prestaciones requeridas. De otra, trabajar en la mejora de la metodología de diseño, gestión y construcción de fachadas ligeras.

Ámbito de Investigación

2. Ámbito de la investigación.

Aplicado tanto en edificios de nueva planta como en obras de rehabilitación, este trabajo de investigación se enmarca dentro de lo que se denominan FACHADAS LIGERAS, que el CTE DB HR, define simplemente por su peso, como cerramientos de menos de 200kg/m².

Fachada ligera es un concepto que engloba tipologías y una infinidad de variantes y sistemas constructivos que podrían clasificarse de muy diversas maneras, atendiendo a: su posición en relación a la estructura, como son los muros cortina; atendiendo a sus principios básicos de funcionamiento, como son las fachadas ventiladas, atendiendo a su comportamiento higrotérmico como pueden ser las fachadas frías o calientes, o incluso a su configuración, como son las fachadas multifuncionales o de doble piel o, simplemente, por su sistema constructivo, como son las fachadas panel.

En un libro de fachadas, Ana Sánchez-Ostiz, en el capítulo de conceptos generales, en una primera aproximación al tema, basa su clasificación en el grado de tecnificación de su construcción, en la que como se puede ver, subdivide las fachadas en “opacas” y “traslúcidas” y a su vez, el gran grupo de opacas en tradicionales e industrializadas, lo que podría ser una buena base para la sistematización.

A continuación clasifica la tipología de fachadas industrializadas en multi-hoja y de una sola hoja. De una manera simple podemos observar en los dos cuadros la complejidad y posibles variantes, que aún no tienen en cuenta las superficies acristaladas que serán normalmente ventanas y muros cortina con, a su vez las incontables soluciones, a las que se deberían cruzar de nuevo las posibilidades clasificadas anteriormente.

Su construcción, aparentemente, no tiene límites en cuanto a las permutaciones de materiales y productos utilizados para formar sistemas multicapas de elementos portantes o de relleno, por ello no hay acuerdo en los criterios de clasificación en la que normalmente se mezclan conceptos generales del funcionamiento, sistemas constructivos, elementos de soporte o sistemas de fijación física o química de los EDR, elementos de relleno.

Debido a esta variedad de criterios en su definición siempre aparece el apartado denominado “fachadas ligeras especiales”. Las propuestas “singulares” son incontables, diríamos que la práctica totalidad son singulares y comprenden una enorme variedad de materiales con los que dar forma a la trama de una fachada ligera: desde la composición más habitual, como es la de perfiles metálicos y paneles de vidrio, metal, plástico, cerámica, piedra, además del aislamiento; hasta las más recientes aplicaciones como son el hormigón polímero, las resinas, las láminas de ETFE o los *composites* en cualquiera de sus posibles formulaciones de polímero y metal.



Torre 21 Plaça Europa.
L'hospitalet. Barcelona.
Nicanor García.



Torres de Hércules.
Algeciras, Cádiz.
Rafael de la Hoz.

Sede GAES.
Barcelona 22@.
Fernando Mur - Mizien Arq.



Las distintas normas Europeas definen, de modo similar la fachada ligera como una “fachada externa del edificio con enmarcado, hecho principalmente de metal, madera o PVC, que consta normalmente de elementos estructurales verticales y horizontales conectados entre sí y anclados a la estructura portante del edificio, que aporta por sí mismo o conjuntamente con la construcción del edificio, todas las funciones normales de un muro exterior, pero no contribuye a soportar las cargas características de la estructura del edificio.”

Normativas Europeas: UNE-EN 13119 Fachadas ligeras-Terminología; UNE-EN 13830 Fachadas ligeras - Norma de producto.

Con posterioridad, en 2007 para el Máster de Arquitectura de Fachadas Ligeras de la UPV, Rico Martínez y Ferrés redactaron la siguiente definición, que matizaba algunos aspectos:

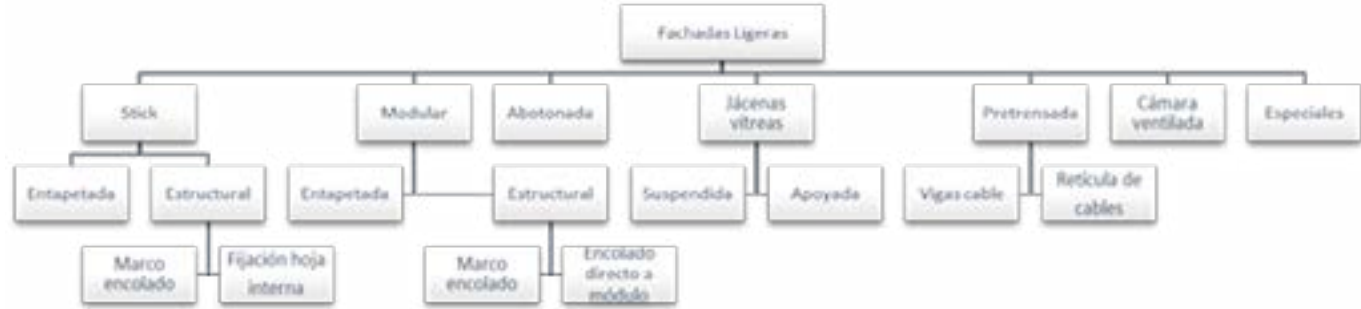


Sede Cuatrecasas.
Madrid.
GCA Arquitectos
Antonio Ruiz Barbarin

“Cerramiento externo del edificio que por sí mismo o conjuntamente con la piel interior, aporta todas las funciones exigibles a una envolvente exterior en cuanto a estabilidad, seguridad, estanqueidad, aislamiento y control solar.

Consta de elementos estructurales fabricados normalmente en metal madera o PVC, conectados entre sí, anclados a la estructura portante del edificio que no contribuyen habitualmente a soportar las cargas características de la misma, aunque pueden hacerlo. Se complementa con elementos de relleno o recubrimiento a base de acristalamientos, paneles o placas que ocupan la trama resultante para mejorar sus prestaciones”.

Sin embargo, teniendo en cuenta la ambigüedad de ambas definiciones, se debería añadir a la definición, para ser más precisos, que se trata de sistemas completos que son de fabricación industrializada, que su construcción y puesta en obra es “seca”, que deberán tener las prestaciones fundamentales que le son exigibles, tales como las mecánicas, térmicas o de estanqueidad. Comportamiento que es predecible mediante cálculos, cuantificables mediante clasificación y comprobables mediante ensayos en laboratorio o a pie de obra”.



Clasificación según "Manual de producto Fachadas Ligeras de Asefave". 2a Edición 2015.

En este marco de complejidad, el ámbito de investigación, por tanto, se centra en dos aspectos fundamentales tanto en la configuración del diseño, la construcción y el comportamiento de las fachadas ligeras, como en el proceso a seguir desde la idea a la obra construida para acercarse a los límites de lo posible.

Se investigará la resolución técnica de los detalles constructivos y la correcta definición de los sistemas de fachada ligera, así como los antecedentes y la evolución de los materiales y de sus combinaciones, con el objetivo de facilitar su comprensión para que puedan aplicarse a la resolución de arquitecturas de calidad.

FACHADAS OPACAS			
TRADICIONALES			
Unihoja Homogénea	Adobe Tapial Piedra Ladrillo Bloques de mortero Hormigón		
Multihoja Heterogénea	Ladrillo Bloque de mortero Hormigón	Con cámara de aire	
		Sin cámara de aire	
INDUSTRIALIZADAS			
Multihoja	Con cámara de aire ventilada (trasventilada)	Pesadas (hoja interior pesada)	Hoja exterior pesada - Piedra - Mármol - Prefabricados de hormigón
			Hoja exterior ligera - Cerámica - Madera o derivados de la madera - Resinas y fibras de celulosa - Fibrocemento - Microhormigón reforzado con fibras de vidrio (GRC) - Piedra artificial - Láminas metálicas: zinc, cobre, acero inox - Placas metálicas: acero, aluminio, zinc - Paneles multicapa metálicos (de aluminio y núcleo de polietileno o rido de abuja) - Materiales sintéticos
			Ligeras
	Sin cámara de aire		Hoja interior + placa prefabricada de aislamiento térmico y revestimiento exterior de: - Ladrillo caravista - PVC - GRC - Aluminio - Enfoscado en placas
FACHADAS OPACAS			
Unihoja (sándwich con aisla- miento térmico)	Pesadas		Paneles de hormigón Paneles prefabricados de ladrillo
	Ligeras		Paneles de GRC Paneles metálicos
FACHADAS DE VIDRIO O TRASLÚCIDAS			
Unihoja	Muros cortina		
	Muros suspendidos o anclados	Uniones mecánicas	
		Uniones adhesivas	
Multihoja	Trasventilada		
	De control energético		
	Con cámara de aire no ventilada		

Figura 1.30. Tipología de fachadas

Clasificación de fachadas tradicionales e industrializadas.
Fachadas, Cerramientos de Edificios. [A. Sanchez-Ostiz].

TIPOLOGÍA DE FACHADAS INDUSTRIALIZADAS			
FACHADAS MULTIHUJA (Figura 3.2)	Con cámara de aire ventilada (trasventilada)	Pesadas (hoja interior pesada)	Hoja exterior pesada: - Piedra - Mármol - Prefabricados de hormigón
			Hoja exterior ligera: - Gres porcelánico - Cerámica cocida extrudida - Madera y derivados de la madera - Resinas sintéticas y fibras de celulosa - Fibrocemento esmaltado - Fibrocemento liso - Microhormigón reforzado con fibras de vidrio (GRC) - Resinas de poliéster y áridos de mármol (piedra artificial) - Láminas metálicas - Placas metálicas - Bandejas metálicas - Placas metálicas multicapa: Al/Pe/Al
		Ligeras	Hoja exterior + hoja interior ligera
	Sin cámara de aire		Hoja interior + placa prefabricada de aislamiento térmico y revestimiento exterior de: - Ladrillo caravista - PVC - GRC - Aluminio - Enfoscado en placas
FACHADAS UNIHUJA Sándwich con aislamiento térmico (Figura 3.3)	Pesadas		Paneles de hormigón Paneles prefabricados de ladrillo
	Ligeras		Paneles de GRC Paneles metálicos

Figura 3.1. Tipología de fachadas industrializadas opacas

Clasificación de fachadas tradicionales e industrializadas.
Fachadas, Cerramientos de Edificios. [A. Sanchez-Ostiz].

Antecedentes

3. Antecedentes.

La parte más importante del edificio en términos de rendimiento y diseño es la fachada, no solo por a la estética sino como síntesis de la complejidad y magnitud de los elementos de construcción, por sus materiales, acabados. En términos de inversión la fachada puede representar cerca del 20% del total del coste de construcción y una parte sustancial del riesgo técnico y económico de cualquier proyecto.

La fachada como barrera y filtro entre el clima exterior y el interior determina la apariencia y la imagen del edificio, de la propiedad y del usuario. Su funcionamiento en todos los aspectos depende de su diseño y de las especificaciones y de la integración de una gran cantidad de sistemas y componentes.

Motivada por una genuina ambición de innovación, en ocasiones por la voluntad de aparentar modernidad, también por sumarse a un estilo internacional de vanguardia no declarado o tristemente por cuestiones de simple moda, se manifiesta la tendencia hacia soluciones cada vez más ligeras y sofisticadas.

La construcción ligera es una opción que tiene sin duda muchos aspectos positivos y argumentos favorables, ya sea por prestaciones técnicas, por la versatilidad de los diferentes sistemas, por los productos específicos que existen en la industria, así como por las posibilidades de control de calidad, por las posibilidades de premontaje industrial, rapidez de instalación en obra, etc., todo esto hace atractiva su utilización por criterios técnicos, pero fundamentalmente porque aparentemente tiene muy pocas limitaciones.

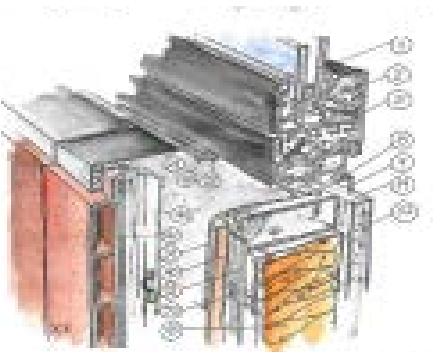
Sea cual sea la razón, la ligereza ha estimulado la búsqueda de nuevas fórmulas para arquitecturas apasionantes que deberían considerarlas ventajas de los tipos de construcción y valorar los inconvenientes derivados de riesgos inherentes a su propia naturaleza.

Por ello, en el primer ámbito de decisión de un proyecto cuando se trata de concretar el concepto general del edificio y los tanteos del sistema constructivo de la envolvente, se debería considerar “el problema de la ligereza”.

Hablar de los problemas y no de las virtudes de la ligereza podría parecer un tanto contradictorio, sin embargo considerar y tener presente en la toma de decisiones los inconvenientes de la construcción ligera es una vía de aproximación a las soluciones correctas y por tanto de anticipación a las dificultades. En los listados siguientes se agrupan aspectos que deberían ser conocidos por todos los agentes que desde el inicio vinculen en la toma de decisiones y poder sacar el máximo partido a la tecnología.



Sede RBA.
Barcelona 22@.
MBM Arquitectos.



Sede RBA.
Barcelona 22@.
MBM Arquitectos.
Detalle Fachada ventilada cerámica.

3.1. Aspectos de diseño.

- Vinculación de la imagen del edificio a la tecnología y a la «modernidad».
- Riesgo relacionado directamente con la sofisticación.
- Mayores dimensiones de los huecos.
- Mayores dimensiones de la retícula.
- Mayor transparencia de las zonas de visión.
- Menor impacto de los elementos de soporte, de las retículas y de los EDR.
- Mayor complejidad derivada de las geometrías.
- Mayor complejidad debida a la altura.
- Excesiva complejidad y en muchos caso sobreactuación, que no aporta ninguna mejora de prestaciones.
- Complejidad de funcionamiento. Fachadas ventiladas, multifuncionales o de doble piel o con capas de elementos móviles
- Combinaciones sofisticadas de materiales, productos y sistemas.
- Poca claridad en las definiciones conceptuales de las envolventes.
- Poca concreción y ambigüedad en las fases de desarrollo técnico.
- Definiciones insuficientes, inexactas o contradictorias entre la documentación gráfica y la técnica.
- El detalle constructivo del “nudo” poco coherente con los planteamientos del concepto general de la obra.
- Desvinculación de las fases de creación-proyecto con las de fabricación-construcción.

3.2. Aspectos técnicos.

- Ligereza de los materiales como característica fundamental.
- Reducción de los espesores.
- Materiales de nueva generación.
- Nuevos procesos de transformación y tratamiento de los materiales.
- Nuevos compuestos.
- Posibilidades limitadas de transporte.
- Medios de elevación y aparatos auxiliares para colocación como condicionantes.
- Sistemas tecnológicos más complejos.
- Tecnología basada en la precisión y en la junta de montaje seco.
- Sistemas y componentes de menor vida útil.
- Mayores dimensiones de los formatos tecnológicamente viables.
- Pérdida de prestaciones y obsolescencia a menor plazo que las denominadas construcción convencional.
- Durabilidad del cerramiento vinculado a los medios destinados para limpieza, mantenimiento, su uso y frecuencia.
- Necesidad de anticipación y planificación.
- Necesidad de coordinación conceptual y dimensional con el resto de oficios.

3.3. Aspectos normativos.

- Complejidad del proceso de verificación de características, ensayos y test para homologación, validación previa a su aplicación en el mercado de la construcción.
- Exigencias en términos de seguridad, estabilidad, seguridad de uso, protección al fuego.
- Dificultades de interpretación homogénea de las normativas y del comportamiento del fuego en soluciones de fachada ligera, especialmente de las trans-ventiladas y de las de doble piel.
- Implantación simultánea de normas y reglamentos de carácter local, nacional o internacional, no armonizados y en determinados casos contradictorios.
- Complejidad documental en el proceso de aseguramiento de la calidad del proyecto, de la fabricación y de la obra.

3.4. Aspectos culturales.

- Excesiva tecnificación de las envolventes con escasa experiencia y preparación.
- Desconocimiento de las bases de la técnica en conexión directa con la calidad final de la fachada.
- Soluciones técnicas con sistemas que no tienen el respaldo de la tradición.
- Exigencias de control energético y medioambiental.
- Demandas de confort mayores por parte de los usuarios.
- Sofisticación de los equipos de trabajo, con trasvase directo de modelos y procesos de gestión, organización y planificación.
- Utilización de las normas con sus aspectos limitativos y de verificación, no de acompañamiento y comprobación de prestaciones en el proceso de diseño.
- Vinculación del rigor en la toma de decisiones y el seguimiento de un método adecuado a la complejidad del diseño.
- Medios humanos, materiales, económicos y de planificación no acordes con la dificultad técnica.
- Modelos de gestión y proyecto no adecuados a la sofisticación de fachadas que se encuentran permanentemente en fase experimental.
- Poca transparencia en el traspaso de experiencias y de resultados de arquitecturas afines, más allá de la imagen global de la obra y de algún detalle constructivo.
- En definitiva, como dice Josep Muntanola: *“En una buena arquitectura el nivel de calidad de un proceso de diseño relaciona el detalle con el conjunto y muchas veces es un detalle concreto la fuente principal de la complejidad estética de toda una obra. Un detalle puede llegar a condensar toda la complejidad poética de un edificio y no solo indicarnos el nivel de tecnología que tiene el arquitecto”*

La complejidad de la partida y el grado de desarrollo, en muchos casos no recibe la atención y dotación económica necesaria en relación con la trascendencia que tienen para su fabricación, montaje y puesta en servicio y aún menos cuando una vez terminada la construcción, llega todo lo que está relacionado con la gestión del mantenimiento comprometiendo su durabilidad a corto, medio y largo plazo.

Sin embargo, sigue creciendo la fascinación por el vidrio y los cerramientos ligeros como expresión de la vertiente más puntera y vanguardista de la arquitectura, de modo que las fachadas ligeras se aplican con profusión a todo tipo de proyectos de alto riesgo. Esto contrasta con el poco soporte y atención que se dedica desde los departamentos de investigación y, me atrevería a decir, desde el ámbito de la formación universitaria.

Si bien es cierto que las jornadas técnicas, los seminarios o congresos organizados por la industria y los colegios profesionales, suplen parcialmente estas carencias de la formación.

El conocimiento teórico y práctico de los sistemas y su funcionamiento, así como de las grandes variables que condicionan la forma, es bastante deficiente por parte de los agentes del sector. En consecuencia, la calidad de la obra construida y su durabilidad termina por no cumplir con las expectativas que se crean cuando se diseñan edificios con cerramientos ligeros. Estas carencias son mucho más evidentes cuando los cerramientos consisten en combinaciones de sistemas y geometrías singulares no amparadas por la tecnología, lo que deriva en errores de concepción y construcción que resultan en una muy dudosa viabilidad técnica, a pesar de ello las obras se han terminado y funcionan, pero el resultado sería mejorable.

3.7. Un terreno para la especulación.

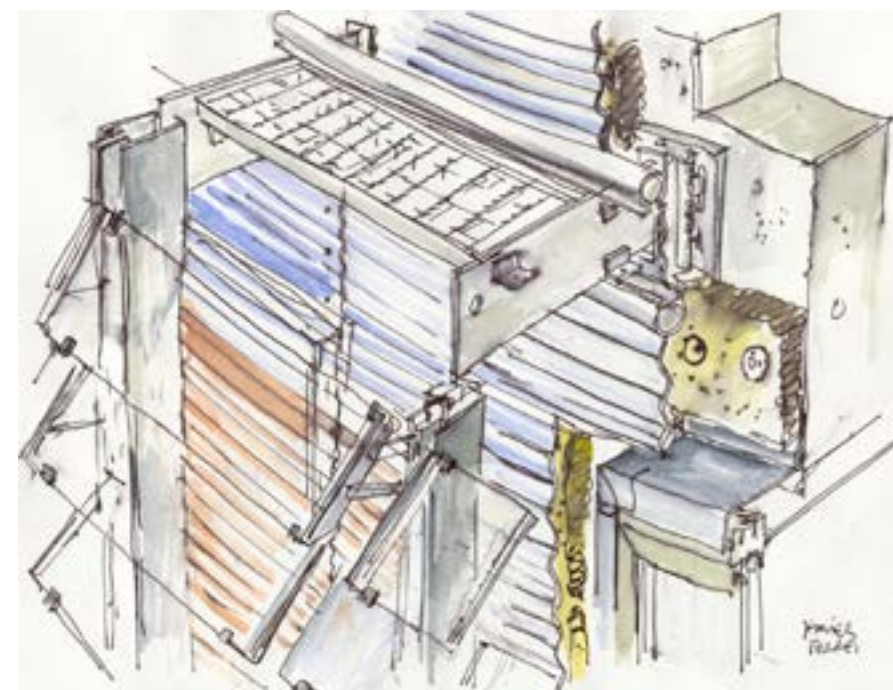
“El detalle, como la totalidad, es una oportunidad para inventar, para dislocar, para enriquecer el mundo, para recomponer, para ensamblar, para provocar confrontaciones entre las texturas, las luces y las distintas técnicas.”

Jean Nouvel *“Louisiana Manifesto”*:

Si tomamos el pensamiento de Nouvel como modelo para construir, podemos encontrar en nuestro país gran cantidad de proyectos de arquitectos locales y de muchas otras procedencias, en los que la especulación formal y técnica se ha llevado a tal punto, que son la característica de barrios enteros. Las arquitecturas del mismo Nouvel, Josep Ribas o Toyo Ito, Moneo, GCA, RCR, Viaplana, MBM, Patrick Genard, Ferrater, Albert Blanch, Eduard Gascón, David Chipperfield, Josep Lluís Mateo, Herzog & de Meuron, Oscar Tusquets, Fermín Vázquez, Batlle i Roig, Alonso & Balaguer y un larguísimo etcétera. Son arquitecturas en las que la fachada ligera es una característica común

y un exponente de “modernidad” y vanguardia. Esto ha comportado que la concentración de edificios singulares en Plaza Europa de Hospitalet, ciudad vecina a Barcelona, o el distrito 22@ de Barcelona, hayan sido verdaderos laboratorios de desarrollo de propuestas constructivas audaces, que se han aplicado gracias a un sector de la industria, que ha respaldado la aventura de los arquitectos.

Sin embargo, estas operaciones experimentales, de momento, sólo se puede valorar desde el punto de vista formal. Aunque ya se pueden observar evidencias de patologías, tanto en materiales como en sistemas, será el tiempo quien dará la razón a los que opinan que la adecuación a los requisitos de prestaciones según las normas o la lógica de la durabilidad de los cerramientos, no ha sido el adecuado, es incompleto o es, sencillamente, erróneo.



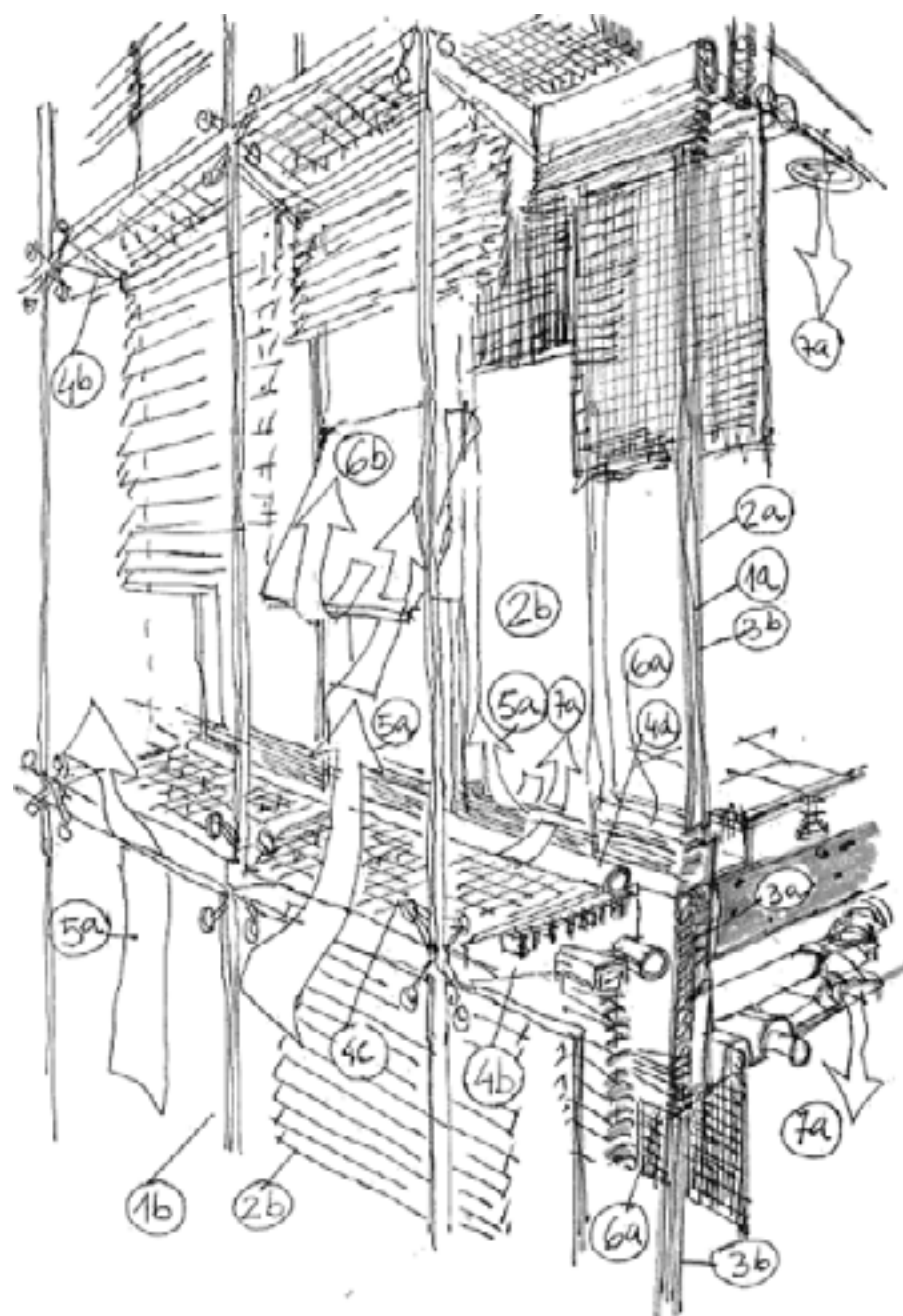
Torre Agbar.
Barcelona 22@.
Jean Nouvel - Fermín Vázquez. b-720.
Detalle de la fachada del fuste.

A pesar de todo, las soluciones constructivas aplicadas se deben estudiar en profundidad y reflexionar acerca de los resultados fundamentalmente sobre las posibilidades de utilización en otras condiciones y lugares. Es de esta manera, que lo que se ha construido se convierte, a la vez, en futuro y pasado de la técnica, para ser utilizado como guía para repetir, o no, en nuevos edificios.

Cada vez son más frecuentes las re-adaptaciones de soluciones técnicas complejas importadas, sin reflexión detallada, se aplican sin criterio las mismas soluciones en proyectos diferentes, sin tener en cuenta las particularidades de cada caso en cuanto a requisitos, prestacionales, dotaciones económicas para su desarrollo, modelos de gestión y capacidad técnica del equipo responsable y esto ocurre por desconocimiento de su verdadera complejidad o, sencillamente, por errores metodológicos.

Es muy importante atender a las singularidades de cada proyecto para reducir los riesgos haciendo un balance correcto entre los problemas potenciales y los beneficios de esta actitud audaz.

¿Porque las fachadas son como son? ¿Cómo deben ser nuestras fachadas? Si la aproximación a las respuestas es de forma intuitiva, las debemos vincular a las imágenes que tenemos más grabadas, seguramente de los antecedentes que han trazado la historia y por tanto la evolución de cerramientos que, tal como ocurre hoy en día fueron en su origen experimentos primero muy asilados, muy formalistas y que con el tiempo resultaron ser tendencia y marcaron las líneas de innovación para ser seguidas décadas posteriores.



Esquema concepto fachada multifuncional o de doble piel.

Fácilmente podemos observar cómo muchas de las soluciones, que hoy en día podemos considerar como tradicionales, tienen su origen hace casi cien años y se mantienen vigentes con los ajustes lógicos de la tecnología de cada momento, pero los esquemas conceptuales o de principio se mantienen desde su origen.

En general, hemos de admitir la “ligereza” como una variable de la construcción moderna y de allí ha derivado la fascinación por el gran formato, la transparencia, la geometría, el funcionamiento complejo o la industrialización, son inputs claves en las arquitecturas de vanguardia del último siglo y medio. Son propuestas que demuestran repetidamente que acercarse a los límites de la tecnología no es el objetivo final. El reto evolucionar para que una vez alcanzado lo posible, ir más allá.

La tendencia cada día más patente hacia la “ligereza”, parece responder a la búsqueda de un estilo internacional basado en la repetición de tipologías de fachadas con muy pocas variaciones. Tendencia que supone una problemática importante, ya que esta profusión de cerramientos ligeros se formalizan sin el respaldo de la técnica, sólo por imitación, de manera que, deberíamos distinguir los que podríamos llamar edificios “probeta” que son los realmente innovadores, de los que tal y como se comentaba en la introducción de esta Tesis, carecen de lógica y discurso propios que ignoran el contenido y el contexto de cada caso en particular y repiten sin fundamento técnicas importadas de otros proyectos.

3.8. Aprender de lo construido.

La evolución en los últimos treinta años de los sistemas y materiales y componentes en conjunto, ha sido muy desigual de ahí la importancia del análisis de los resultados después de su aplicación en nuestro entorno. El estudio de los precedentes nos permite obtener una valiosa información para comprender dónde estamos y en el mejor de los casos poder trazar líneas de avance para futuros proyectos.

A pesar de lo importante que es el balance post-construcción, lamentablemente, en general las experiencias no se pueden ni acumular ni compartir con facilidad por varios motivos:

- La originalidad de las propuestas en muchas ocasiones se basa en combinaciones de elementos simples agregados que se han testado individualmente y que se reformulan tratando de adaptarse a cada caso concreto y el resultado final no es extrapolable de experiencia anteriores “similares”.
- En el proceso de construcción hay un encadenado de decisiones, y co-responsabilidades de varios agentes, lo que significa un salto notable entre el mundo del “proyecto” y el de su materialización. Por este motivo tampoco es fácil el seguimiento de todo el proceso.
- El estudio de la obra tal y como se ha construido no es siempre viable porque el registro documental desenfoca muchas veces el origen de la solución planteada y la que finalmente se ha realizado.

- El comportamiento de las soluciones técnicas raramente se monitoriza, y en su caso los resultados no son públicos. Quedando estos para la propiedad o en el mejor de los casos para los fachadistas que tratan de verificar y validar los resultados obtenidos mediante cálculos y experiencias anteriores. En consecuencia es prácticamente imposible analizar, diagnosticar y evaluar si la solución aplicada es la correcta o bien cuáles son las líneas de mejora.
- El estudio de las patologías forma parte del aprendizaje, porque obliga desde las evidencias a profundizar en el problema para encontrar las causas, que raramente se publican. Tienen en general un trato de confidencialidad y por ello solo se conocen algunos casos que salen a la luz por cuestiones judiciales. Es por tanto casi imposible un trazado riguroso desde el origen del problema, del detalle constructivo y de la solución aplicada para resolverlo.

Sin embargo tenemos un magnífico campo de estudio de los antecedentes y de los resultados cuando se trata de obras rehabilitación. Son casos en los que la reforma del edificio espacial o total y en los que se aborda en paralelo con diferentes estrategias la restauración, o actualización de la fachada en profundidad con los denominados “Overcladding” o “Recladding. La sustitución parcial de componentes, la colocación de elementos sobrepuestos a la fachada existente o su sustitución completa, solo puede acometer después de un riguroso análisis de la facilidad de obtención de las mejoras económicas, de materiales y energía, de confort y también de la arquitectura y su función, tal como propone Thiemo Ebbert en su tesis doctoral acerca de las estrategias de rehabilitación para la mejora técnica de las fachadas.

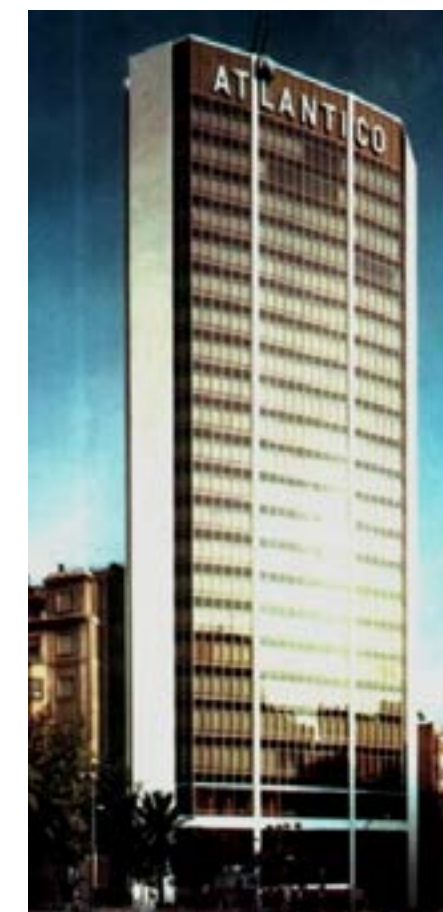
Una parte fundamental de los análisis previos a la toma de decisiones además del anterior es el estudio detallado de la solución constructiva del sistema así como de la composición y estado de los materiales. De esta forma podemos comprender como ha evolucionado la fachada tras años de funcionamiento, ponderar el trato recibido, las virtudes del mantenimiento y fundamentalmente discriminar si la rehabilitación obedece a criterios comerciales o bien a obsolescencia técnica. En este aspecto, encontramos las claves de la cuestión en un amplio trabajo de investigación de la tesis doctoral “Vida y obsolescencia de las fachadas del siglo XX” de Pablo Garrido.

Los estudios para la rehabilitación de las fachadas de la primera generación de torres de oficinas en Europa que este autor conoce por su participación directa en los casos, como son el Banco Atlántico, hoy Sabadell de Barcelona en 1967, Mitjans, las torres mercuriales de París en de Lana y Milh en 1975, o la Torre Astro de Bruselas, De Doncker 1974. Son tres ejemplos marcadamente diferentes para un mismo problema mejorar las prestaciones de la fachada fundamentalmente por cuestiones de energía, de fuego, seguridad y confort.

En el primer caso Josep Lluís Mateo en 2006 manteniendo estrictamente la imagen inicial, se restauró y rehabilitó parcialmente el muro cortina “stick”, el mejorando la estanqueidad general, el peto ignífugo y las prestaciones del vidrio.

Para el segundo caso en 2013, desde Ferrés Arquitectos con Jean Pierre Bouanha, se proyectaron dos propuestas diferentes que consistían en construir una nueva fachada adaptada a los requisitos de fuego y energía para los IGH, (Immeubles de Grande Hauteur). Una de las versiones mantenía la imagen prácticamente idéntica a la existente y la otra con un cambio radical, ambas soluciones con muro cortina de construcción modular. Actualmente por problemas urbanísticos entre otras causas, el proyecto está pendiente de la toma de decisiones por parte de la propiedad para continuar.

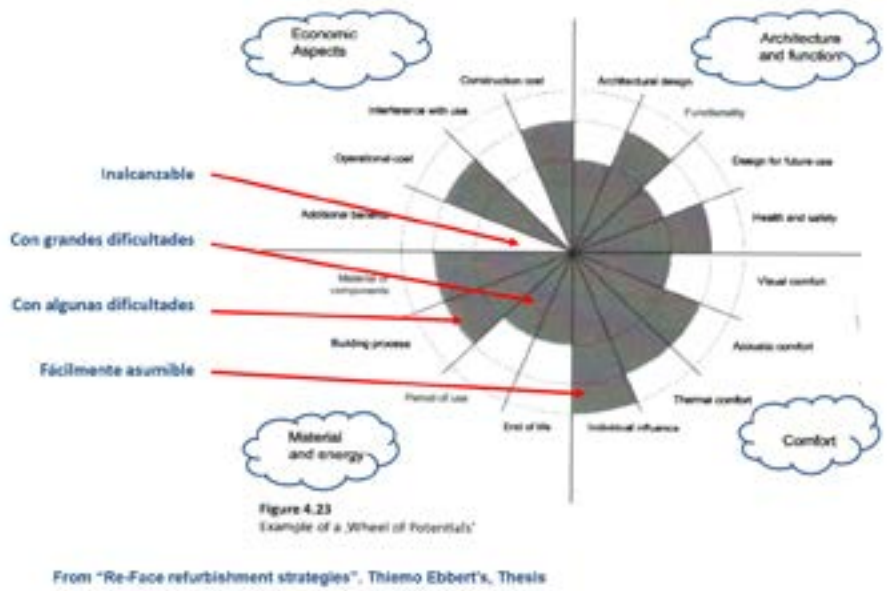
En el tercero de los ejemplos terminado en 2016, Estudio Lamela ganó el concurso para la rehabilitación integral en 2004-2005, con la idea de hacer un “overcladding” manteniendo los componentes básicos de la fachada y la imagen original, pero cambiando algunos de los elementos para mejorar el balance energético del edificio. Finalmente la propiedad en 2011 decidió acometer un cambio radical de la imagen y en consecuencia del cerramiento del edificio. Se sustituyó por un muro cortina modular de altas prestaciones energéticas, uno de los “Passive House” más grande de Europa con la Certificación BREEAM Very Good. Se puede ver con detalle todo el proceso en el estudio de caso número 9 de este trabajo.



Banco Atlántico.
Barcelona.
Mitjans Balcells. 1967.



Banco Atlántico.
Barcelona.
Rehabilitación parcial. Josep Lluís Mateo. 2006.



Sistema de evaluación de estrategias de rehabilitación.
Thiemo Ebbert's, Thesis.



Tours Mercuriales. Rehabilitación integral de fachadas.
Bagnole, Paris.
Ferrés Arquitectos + Jean Pierre Bouanha.



Objetivos de la Tesis

4. Objetivos de la Tesis.

Como objetivo general, se pretende desarrollar y pautar un proceso que asegure la calidad de las envolventes ligeras de arquitecturas relevantes, que reduzca los riesgos y nos acerque al límite de lo posible.

Para ello se investigará y se establecerán las claves y la metodología del diseño de las fachadas ligeras para mostrar las vías de mejora y plantear posibles líneas de avance.

Este trabajo podrá ser una herramienta útil para utilizarse como guía de diseño.

En un inicio, basándome en el conocimiento del proceso de diseño y construcción de fachadas ligeras, propuse unos objetivos preliminares que tras cinco años de reflexión y nuevas experiencias en obras construidas, se concretan en los siguientes:

Comprobar la relación directa entre el conocimiento de la técnica, derivado de la observación del hecho construido, y la calidad de la arquitectura.

Estudiar la importancia de la planificación, tomando como base numerosas experiencias positivas de obras construidas en los últimos treinta años, y determinar sus fases clave.

Describir y argumentar la metodología y el proceso de desarrollo técnico de los proyectos haciendo patente que su aplicación verificada en reiteradas comprobaciones es fundamental para garantizar la buena construcción y la buena arquitectura.

Demostrar la importancia del trabajo de los consultores y especialistas, así como la de los prototipos y ensayos, para controlar y reducir las incertidumbres, asegurando la fiabilidad del proyecto.

Mostrar como las obras resueltas con éxito que resulten de la aplicación del método propuesto, pueden servir como base para la evolución y la innovación tecnológica tendiendo al límite de lo posible.

5. Metodología.

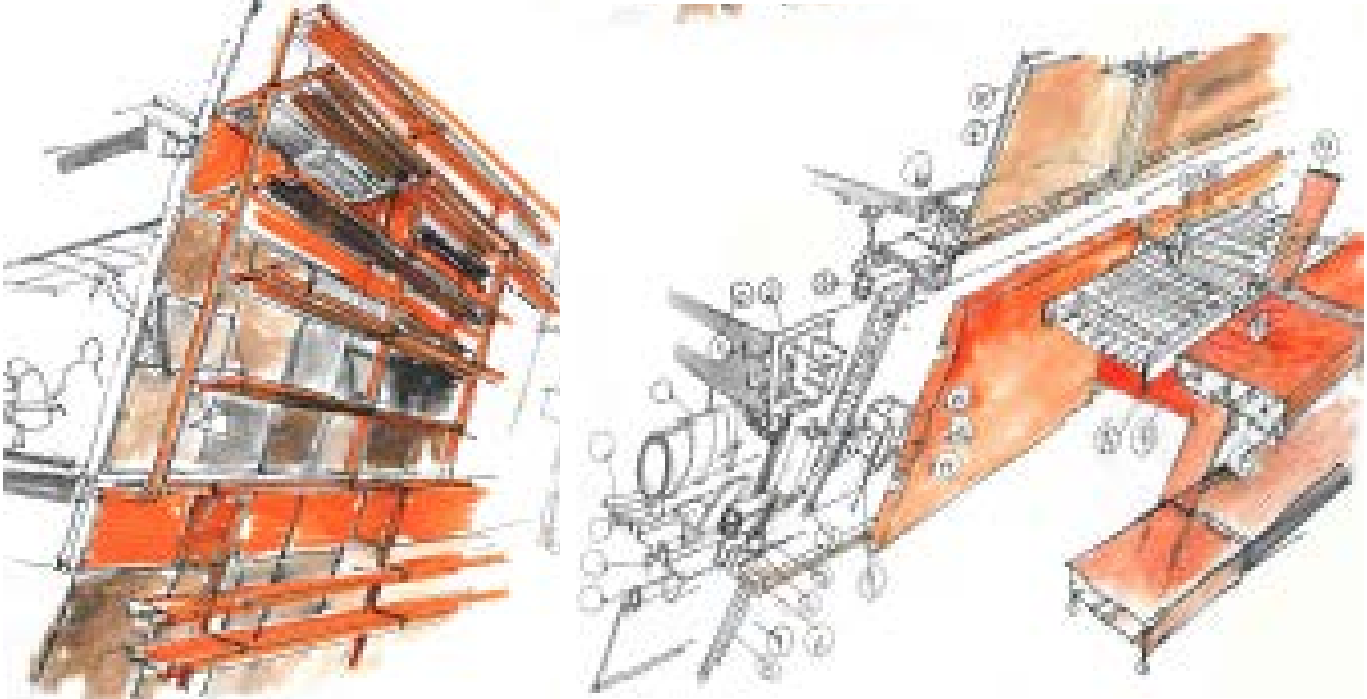
La investigación que se plantea en esta Tesis Doctoral, se centra en fachadas ligeras construidas en el ámbito internacional y en particular en el español. La muestra corresponde a más de ciento sesenta proyectos construidos y otra importante cantidad de casos en los que el estudio también ha sido desarrollado en profundidad, como pueden ser concursos de arquitectura y proyectos que no se han llegado a materializar. Por último, y no menos importante, también se han tenido en cuenta las experiencias derivadas de peritajes e informes de patologías.

Los trabajos específicos para esta Tesis doctoral, se inician con la elaboración del trabajo final de Master de Tecnología en la UPC en 2011, para seguir en el proyecto de Tesis en 2012. Desde entonces, se han reestudiado y revisado detalladamente los procesos completos de obras construidas durante treinta años, desde 1987 hasta el final de este trabajo, en marzo 2017.

Se ha profundizado en los trabajos observando todas las actividades necesarias en un largo proceso que empieza con un simple croquis, pasa por el tablero, hoy por la pantalla, sigue en los talleres y laboratorios, pasa por la fase de obra y continua en la fase de explotación del edificio.

Todos los edificios construidos en los que se ha participado y se conocen los detalles de primera mano, siguen en servicio. He tenido la oportunidad de volver a trabajar al cabo de los años en algunos de ellos, debido a revisiones, remodelaciones o incluso rehabilitaciones de cierta importancia, lo que ha permitido constatar su estado de conservación y funcionamiento así como los resultados del proceso seguido para su construcción.

Sede CMT. Barcelona 22@.
Batlle i Roig Arquitectos. 2008-2010.
Esquema conceptual de la fachada y Detalle de "el nudo".



Es un trabajo en el que la experimentación se ha completado a escala real, con casos reales de muy diversas arquitecturas construidas. Durante el proceso de proyecto, construcción y puesta en servicio se ha asistido en laboratorios públicos o privados, en fábricas de componentes, en talleres y a pie de obra, a todo tipo de ensayos y montaje de prototipos. En ellos se ha realizado pruebas de resistencia al fuego, impacto, vibración, fatiga de materiales, túnel de viento, resistencia mecánica, envejecimiento acelerado, compatibilidad entre componentes o cualquiera de los muchas que se realizan para la testar, verificar, validar y homologar sistemas de fachada y de carpintería o cualquiera de sus componentes.

Sin embargo, el verdadero laboratorio del campo investigado en esta Tesis Doctoral es la obra en curso, porque es el lugar en el que termina la experiencia de la abstracción y los materiales convenientemente ordenados se convierten en arquitectura.

Se dispone y por tanto se ha tenido acceso a un importante fondo documental, con amplia información de aproximadamente doscientas cincuenta obras, ciento sesenta de ellas construidas a lo largo del tiempo. La documentación gráfica y escrita que se ha recopilado de las soluciones constructivas y de los materiales utilizados, corresponde a obras en las que las evidentemente las fachadas ligeras caracterizan el edificio.

De todas ellas se ha hecho una reflexión previa y una selección de los casos relevantes a estudiar con mayor profundidad, de tal forma que el alcance y la variedad sean amplios y representativos de determinados aspectos de la evolución de la tecnología del período mencionado.

La producción gráfica ha sido fundamental para la comprensión de las diferentes fases del proyecto y del hecho construido, la observación, el análisis y la reflexión a través del dibujo de las secciones y detalles constructivos en 3D, ha permitido un acercamiento a la realidad construida, una forma rigurosa de abordar buena parte del proceso de investigación.



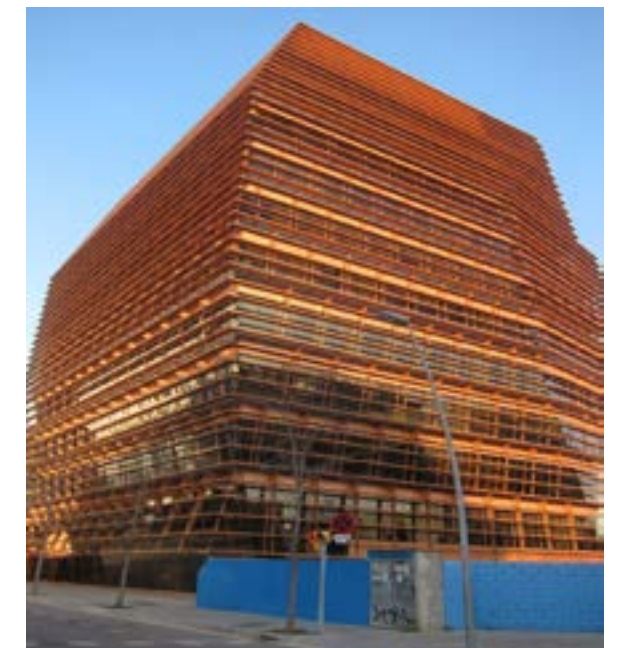
Sede CMT. Barcelona 22@.
Batlle i Roig Arquitectos. 2008-2010.
Obra en curso y obra terminada 2010.

Durante toda mi carrera profesional como arquitecto, he estado vinculado desde todos los ángulos al diseño, desarrollo, producción y construcción de sistemas de fachada ligera, así como a la docencia de este campo. Esto me ha permitido seguir profundizando en los procesos completos del desarrollo de una técnica, cuya evolución he seguido durante estos treinta años.

Se tratan en este trabajo aspectos fundamentales de la evolución de la tecnología, en paralelo a la calidad y rigor en el proceso, para dar respuesta a propuestas complejas a través de la metodología de diseño, que permite a su vez la evolución de sistemas, materiales y procesos constructivos con la calidad necesaria.

He trabajado, y en la actualidad sigo trabajando, en dos ámbitos distintos, la arquitectura práctica y la docencia. Ambos se complementan de tal forma que la actualización es inmediata y la exigencia de ambos campos permite sistematizar el conocimiento y aplicarlo con criterio directamente en los proyectos, en la obra y en las aulas.

Quisiera en este punto, en cualquier caso, insistir en que este estudio no trata de explicar lo “qué he hecho” aunque tuviera cierto interés, porque de lo que realmente se trata, es de reflexionar sobre “cómo lo he hecho”, para compartir y presentar fórmulas futuras de trabajo. Actividades todas ellas para el desarrollo de las ideas de los demás, una manera muy válida de demostrar que hay otras formas de hacer grandes arquitecturas.



Sede CMT. Barcelona 22@.
Batlle i Roig Arquitectos. 2008-2010.
Obra en curso y obra terminada 2010.

Situación personal

en el ámbito de las fachadas ligeras

6. Situación personal en el ámbito de las fachadas ligeras.

La práctica profesional, desde el punto de vista del arquitecto y del consultor de fachadas, permite conocer de primera mano y reflexionar acerca del proceso de creación y de su materialización y, evidentemente, de la técnica de la construcción. No sólo durante el proceso de diseño, sino continuando en fases fundamentales para el control del resultado y la definición completa de la obra, como son los ensayos y los prototipos que de facto completan el proyecto de ejecución.

A caballo entre el proyecto de ejecución y la construcción, la fase de prototipos permite realizar los ajustes de técnica y diseño arquitectónico para que se validen los resultados, convirtiendo los prototipos en un verdadero laboratorio en el que desarrollar y poner a punto las soluciones técnicas previamente a su aplicación en obra.

En todos los casos estudiados, y especialmente los seleccionados, ha sido posible seguir, unas veces desde el proyecto, otras desde la fase de creación, todo el proceso desde el diseño, fabricación y montaje hasta completar la obra. Estando presente en todo el recorrido y desde una posición privilegiada, he podido participar en las soluciones y evaluar los resultados de calidad y la coherencia con el proyecto, no sólo como mero observador, sino con participación activa y asumiendo las responsabilidades profesionales correspondientes.

Por otra parte, el haber asistido a la evolución técnica y a las sucesivas innovaciones de un sistema constructivo, me permite argumentar desde la práctica profesional lo que se ha hecho y cómo sea hecho, así como las ventajas, inconvenientes o limitaciones de muchas de las decisiones.

Las obras a las que se ha tenido acceso, con un seguimiento continuo hasta el final de este trabajo de investigación, constituyen la base fundamental para esta Tesis puesto que permiten abordar pautadamente todo el recorrido. A la vez servirán para argumentar las soluciones constructivas de edificios con un registro amplio de tipologías y de arquitecturas con aportaciones relevantes.

Se dispone de un amplio fondo documental gráfico y escrito de todos los casos. El archivo está compuesto de imágenes de referencia, *renders*, imágenes de maquetas, de prototipos, de la obra en curso y acabada, además de datos de las soluciones constructivas y de los materiales empleados.

Esta importante base de datos comprende cantidad de obras de las que, como anexo a este documento, hay un análisis previo y una selección de los casos de estudio más significativos, para que el alcance y la variedad de esta Tesis sean amplios y representativos de los avances desde 1987.

Conocer los detalles de los casos en los que se ha participado, investigar y comprender su funcionamiento permite, a posteriori y arriesgando muy poco, proporcionar una solución global y completa, para dar respuestas técnicamente viables a los problemas planteados.

Del mismo modo permite el control del proyecto coordinando los documentos escritos que hacen comprensible la documentación gráfica con sus leyendas y especificaciones técnicas.

La complejidad creciente de las formas y de la técnica que está en estudio ha sido en todos los casos técnicamente viable. A través del dibujo a mano alzada, en sección y en representación en 3D, se puede concretar tanto el planteamiento global del funcionamiento de la fachada como los detalles. Además permite acercarnos, en sucesivos *zoom*, para identificar los materiales y las uniones de interés. Estudiándolos se pueden aplicar las soluciones directamente o adaptarlos en los proyectos, ya sea con la misma técnica o con una evolución con otros materiales o formatos.

Para facilitar la comprensión de las diferentes fases de proyecto y del hecho que se ha construido, la producción gráfica es fundamental. Por ello, se muestran en este trabajo los dibujos de buena parte de los detalles más significativos de cada proyecto de referencia.

La observación, el análisis y la reflexión a través del dibujo, debe aproximarnos a la realidad construida. El dibujo es, por tanto, un instrumento fundamental de trabajo.

Se resumen a continuación las actividades relacionadas con el diseño, construcción y consultoría de fachadas que se pueden consultar en los anexos, y en las que he tenido la oportunidad de participar.

Construcción de fachadas ligeras.

1988-1997, Proyecto y Construcción de fachadas singulares. Desarrollo de sistemas y técnica de fabricación y puesta en obra desde Biosca Fachadas Ligeras.

1997-2004, Proyecto y Construcción de fachadas singulares en Biosca Arquitectura.

Consultoría.

- 1997-2007, Consultoría de fachadas singulares, Biosca Arquitectura.
- 1997-2007, Consultoría de Iluminación, Biosca Arquitectura.
- Desde 2007, Consultoría de fachadas, Ferrés Arquitectos y Consultores.
- Desde 2007 Consultoría de Iluminación, Anoché iluminación Arquitectónica.

Proyectos.

La diversidad de los equipos de diseño con los que he trabajado abarca desde arquitectos de referencia Españoles que tienen obra por todo el mundo, como Alonso y Balaguer de Barcelona, Eduard Gascón, GCA, Josep Lluís Mateo, MBM, Ribas-Ribas, Fermín Vázquez o bien Rafael de la Hoz, Carlos Lamela y Ortiz-León de Madrid. Con ellos y sus equipos hemos construido, o tenemos en construcción en la actualidad, algunos de los más de ciento sesenta proyectos, más de veinte de ellos entre 80 y 250 metros de altura.

Son destacables las colaboraciones con siete premios Pritzker, de los treinta y nueve otorgados hasta la actualidad. Rafael Moneo, la Illa Diagonal en Barcelona en 1992 y Torre Puig de l'Hospitalet en 2013, Herzog & de Meuron, Edificio Forum 2004 de Barcelona en 2002, Zaha Hadid, Spiralling Tower de Barcelona en 2004, Richard Rogers, Terminal 4 de Madrid-Barajas en 2007, Toyo Ito el Hotel Porta Fira y el edificio de oficinas de l'Hospitalet en 2013, los recientemente galardonados RCR-Aranda-Pigem-Vilalta, con el concurso del Nou Camp de Barcelona en 2016, o Jean Nouvel, que entre otros proyectos más destacan, la Torre Agbar de Barcelona en 2004, Hotel Catalonia en l'Hospitalet en 2008 y actualmente en el complejo residencial de la Querola en Andorra.

No construidos.

Más de setenta proyectos no construidos, algunos de ellos ganados en concursos nacionales e internacionales, nos han permitido también apostar por las más innovadoras combinaciones de fachadas, con el ánimo de que algún día fueran realidad y por tanto abordadas con el mismo rigor que se tratan los proyectos “reales”.

Informes y peritajes.

A la experiencia anterior se debe sumar la adquirida en los estudios de patologías de fachadas, en las que a través del estudio minucioso y detallado hay que llegar al fondo de la cuestión. Son soluciones técnicas de arquitecturas con problemas en las que no se ha participado en las decisiones previas y por tanto requieren reconstruir el proceso completo desde la evidencia al origen. Estos trabajos permiten determinar el estado de los cerramientos y concretar las causas de las patologías, para posteriormente proponer concretamente forma viable de solucionar el problema.

El conocimiento sobre el campo de las fachadas ligeras, no sólo permite la aplicación en proyectos nuevos y en concursos, es además la base de más de setenta peritajes de patologías relacionadas con el comportamiento y las prestaciones de los sistemas, materiales y componentes. Problemas de estanqueidad al agua, al ruido o al aire, problemas de funcionamiento de dobles pieles, roturas de vidrios, incompatibilidad de productos y degradación de sus componentes son algunos ejemplos.

Este variado abanico de casos ha permitido profundizar en el proceso de análisis y estudio, diagnóstico, tratamiento y aplicación del mismo, complementado por la posterior verificación de la idoneidad de las soluciones aplicadas para subsanar las patologías.

Docencia.**Clases regulares.**

- Desde 1983, Escola Massana. Vinculada a la UAB.
- Grau Universitari en Art y Diseny. Metodología de proyectos de Diseño.
- Ciclos formativos de Grado Superior. Tecnología.
- Desde 2013, Universidad de Navarra, Escuela de arquitectura.
- Taller de Construcción de 5º Curso.
- Comisión académica de Máster, coordinación docente y profesor.
- Universidad Politécnica de Madrid, ETSA Madrid.
- Master de Fachadas Ligeras, 2017.
- Universidad del País Vasco, Facultad de arquitectura de San Sebastián.
- Máster de Fachadas Ligeras 2006-2009-2010.
- Universitat Pompeu Fabra. Elisava Escola Universitaria de disseny i enginyeria.
- Máster Iluminación arquitectónica.

Clases especiales.

- Universidad Europea de Madrid.
- Profesor invitado curso 2012.
- Colaboración en Máster.
- Universitat Politécnica de Catalunya.
- Máster Universitari de Tecnología a la Arquitectura.
- Universidad Politécnica de Madrid, Escuela de Arquitectura de Madrid.
- Máster Universitario de Ciencia y Tecnología de la Arquitectura.
- Máster of Collective Housing.
- Universidad Europea de Madrid, Escuela de arquitectura:
- Máster Universitario de Técnicas avanzadas de proyectos de arquitectura

Conferencias.**Colegios Profesionales:**

- Catalunya, Madrid, Málaga, Palma, San Sebastián, Sevilla, Valencia, Vigo y Zaragoza

Universidades Escuelas de arquitectura, Ingeniería:

- Universitat Politécnica de Catalunya, Arquitectura Barcelona y Vallés
- Universitat Ramon Llull, Arquitectura La Salle
- Universidad Pompeu Fabra, Elisava
- Universidad de a Coruña. Arquitectura a Coruña
- Universidad de a Coruña, Ingeniería Caminos CP
- Universidad Politécnica de Madrid. Arquitectura de Madrid
- Universidad Europea de Madrid. Arquitectura de Madrid
- Universidad Politécnica de Valencia. Arquitectura de Valencia
- Universidad País Vasco. Arquitectura de San Sebastián
- Universidad de Navarra. Arquitectura de Navarra
- Universidad Europea de Madrid. Arquitectura de Madrid
- Universidad de Zaragoza. Facultad de Físicas de Zaragoza.
- Universidad de Buenos Aires. Facultad de arquitectura.(Argentina)
- Universidad de Palermo, Escuela de Arquitectura de Palermo. (Argentina)
- Hochschule Luzern. Engineering & Architektur. (Suiza)
- Illinois Institute of Technology in Chicago. (EEUU).

Ponencias en Congresos.

- Fachadas ligeras. ICAE, San Sebastián. 1997,2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015
- Architectural Enveloppes, Luzern, 2010
- Congreso de Arquitectura sostenible, Sevilla, 2015
- Congreso Internacional de Arquitectura técnica, CONART, Granada, 2016

Cursos, seminarios, jornadas técnicas.

- Ariño Duglass, Euronit, Estudio Lamela, Forster, Grupo Aluman, Habitat futura, Hilti, Metales Extruidos, Rockwool, Saint Gobain, SAPA, Schüco, Technal.
- Asefave, BBConstrumat, Cidemco-Tecnalia, Construmat, Escola Sert, FAEC, SOLAR Shading federation, Solar Decathlon, Tecnopress, UNFEAC, Veteco.

Diseño tecnológico de la fachada ligera

7. Diseño tecnológico de la fachada ligera.

7.1. Acerca de los límites.

Se entiende por “límite” aquel lugar, línea o punto, que normalmente define una parte conocida y que convencionalmente lleva implícita la instrucción de no traspasarlo.

Quisiera hacer una pequeña reflexión acerca del concepto de límite en términos de tecnología de la arquitectura. Es cierto que los límites, tanto por el umbral superior como por el inferior, son también indicadores de la complejidad o simplicidad de una solución. Tender a ellos puede no tener sentido porque la simplicidad puede derivar en soluciones contradictorias con los criterios de calidad. En el sentido contrario, sobrepasar el límite superior sin una reflexión acertada, puede llevar a una sofisticación y sobreactuación que no conduzcan a una mejora del proyecto a través de la tecnología y de la forma.

Es cierto también que la evolución de la arquitectura está basada históricamente no solo en el acercamiento a los límites de la tecnología de cada momento, sino que tiene un objetivo claro: llegar y sobrepasarlos, buscando constantemente propuestas con las que innovar.

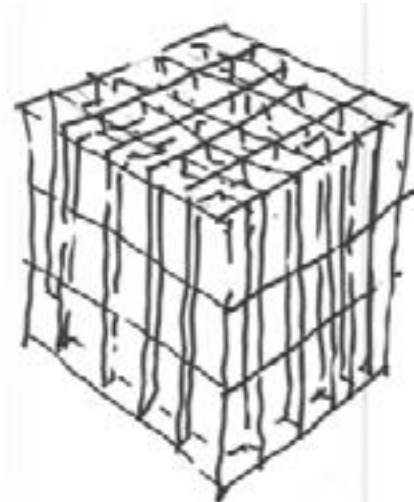
Apple Cube de la Quinta Avenida en Nueva York.

El cubo de Apple de la Quinta Avenida de Nueva York es un ejemplo claro de determinadas arquitecturas que tiene como objetivo inicial superar los límites. Esta obra simboliza la filosofía de búsqueda constante de innovación tecnológica y de cuidado del diseño característico de la empresa más universal de California.

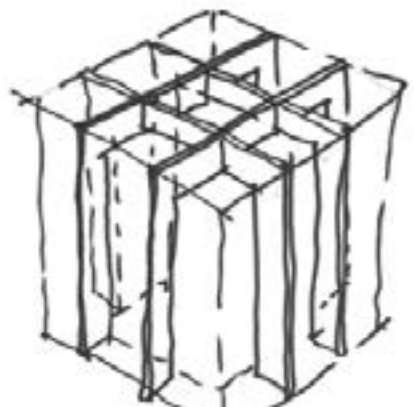
En términos de materialidad, la obra como si se tratara de un objeto más de su colección no se conformó con sobrepasar los límites de la tecnología en el momento de su construcción, sino que, igual que ocurre con la compañía, el cubo siguió evolucionando.

El equipo de arquitectos de Bohlin-Cywinski-Jackson, que ya había proyectado otros Apple Store, fue el encargado de resolver en 2006 un icono reconocido a nivel mundial, fue el primer cubo de enteramente construido con vidrio. En ese momento ya se habían redefinido los límites de lo técnicamente factible logrando de manera excepcional grandes formatos de vidrio estructural, para las jácenas y los contrafuertes, máxima transparencia, mínimo número de elementos.

Tan solo cinco años más tarde, en 2011, se plantea un nuevo reto, aplicar otra vez los límites ya superados en la primera construcción, el segundo cubo de vidrio estaba en marcha. Se consiguió mejorar al anterior con una mayor transparencia, conceptual y física, sin precedentes, el cubo aparece como un espacio de cristal aún más minimalista.



Apple Cube.
New York. 2006.
Bohlin-Cywinski-Jackson.



Apple Cube.
New York. versión 2011.
Bohlin-Cywinski-Jackson.

En el diseño de 2006, cada cara tenía 10,30 x 10,30m y el techo del cubo igual que todas sus caras estaban formados por dieciocho placas. Paneles de vidrio extra claro templado, compuesto por vidrios laminados con el intercalario especial “Sentryglass” y con pletinas de titanio insertadas en los cantos, es decir en las juntas de las placas para rigidizar las uniones del conjunto. En resumen setenta y dos placas, veinte contrafuertes y diez jácenas.

El primer cubo terminado fue diseñado, construido y fabricado más allá de los límites de la tecnología del vidrio estructural en ese momento, durante los cinco años transcurridos entre el Cubo 1 y el Cubo 2, Eckersley O’Callaghan y SeeleSedak desarrollaron una nueva tecnología de diseño, de componentes, cálculo, fabricación, transporte y montaje, específica para dar de nuevo respuesta a las exigencias del entorno de Apple. El segundo cubo, completado en 2011, fue una oportunidad para reinterpretar el anterior diseño de vidrio estructural para aumentar su transparencia. El vidrio es la insignia de la compañía, representando sus ideales de límite e innovación.

La evolución de la tecnología de manufactura del vidrio estructural está siendo exponencial por el impulso de proyectos con paneles de vidrio cada vez más grandes. Se ha llegado a placas templadas y laminadas de hasta 18,00m x 3,60m. El concepto de los insertos metálicos del canto de la placa laminada también ha avanzado, desarrollando detalles más sofisticados que facilitan la configuración de juntas totalmente integradas y por tanto, prácticamente invisibles, no como en el caso anterior con placas en la superficie, denominados “Patch Fitting” o los conocido botones que atraviesan los vidrios para que trabajen conjuntamente con los elementos de soporte. Los insertos de titanio sirven también de vínculo mecánico entre los paneles de la fachada, los contrafuertes y las jácenas vítreas que también en general son elementos estructurales.

Los avances se consiguen en la evolución continua de los cerramientos y escaleras y se habían puesto a prueba y validado anteriormente en cerramientos de vidrio y escaleras, típicos en las “flag ship stores” de Apple. Estas están repartidas por todo el mundo y una vez comprobado el resultado, la solución se aplica en la obra siguiente, como fue el caso de la adaptación del cubo nº2 de la 5ª Avenida de Nueva York.

Cuando en Shanghái se construyó el cilindro de Apple, compuesto por doce paneles de vidrio curvado y laminado, una sola pieza a toda altura, supuso una nueva revolución, no tan solo por el formato enorme del vidrio sino que había que añadir la dificultad, de la fabricación de hornos y maquinaria específica para las piezas. El Cubo nº2 sería por tanto la aplicación de lo ensayado en el cilindro de Shanghái.

Los enormes formatos disponibles, permitieron resolver el cubo de 10,30m de lado a toda altura con una sola pieza continua, en las caras y en las costillas interiores. Del mismo modo, el techo se rigidiza con las cuatro jácenas portantes de una sola pieza, por tanto la reducción es notable respecto al cubo anterior.

En resumen quince placas cuando en la solución anterior eran setenta y dos placas, ocho contrafuertes donde antes había veinte contrafuertes y cuatro jácenas donde antes había diez.

Dentro del cubo, se ha conservado la escalera de cristal del edificio original de 2006. La escalera como ocurre en la mayoría de tiendas es autoportante y tuvo que responder a las mismas exigencias de alta sismicidad de la zona, igual que el resto de la estructura. Otra cuestión singular de ese edificio es que en el eje de la escalera de caracol, hay un ascensor integrado en un cilindro de vidrio que soporta las cargas dinámicas de dicho ascensor, alrededor del cual se estabiliza la escalera.

Ante este panorama, cabe esperar una nueva actualización del cilindro, o del cubo, que siguen esperando mientras que Apple, siempre al ritmo de la evolución de la tecnología aplicada a la manufactura y transformación del vidrio, ya que se ha conseguido integrar en el proyecto de 2015, de Foster+Partners, paneles de 18m de altura en las fachadas nueva tienda en Hangzhou.

Quizá si se resuelven los problemas urbanísticos de la ciudad de Nueva York, el Apple cube número 3, con placas de 18 metros ya está en marcha.



Apple Store Shanghai..
Shanghai. 2010.
Bohlin-Cywinski-Jackson.



Montaje vidrios de 18m de longitud.
Sede central Apple. Campus espacial.
Foster & Partners. 2017.
Cupertino, California.



Sede central Apple. Campus espacial.
Foster & Partners. 2017.
Cupertino, California.

7.2. La fachada ligera y el muro cortina

7.2.1. Algo de historia

Para conocer la evolución de los sistemas de construcción, buscamos constantemente obras con las que referenciar los orígenes y la evolución de la tecnología que es habitual hoy día. Con la historia de las fachadas ligeras ocurre lo mismo, hay referencias ampliamente publicadas, sin embargo hay otras obras un tanto “especiales” de menor difusión con las que también se puede reflexionar acerca de sus aspectos más innovadores.

El muro cortina tiene sus orígenes en los cerramientos de la arquitectura del hierro, consecuencia de la innovación en la tecnología del vidrio, lo que permitió construcciones ligeras, transparentes y completamente exentas del sistema estructural del edificio. Los materiales y las soluciones constructivas aplicadas en invernaderos se generalizaron en fachadas y cubiertas de edificaciones de gran formato como estaciones de ferrocarril, palacios de exposición, mercados o galerías comerciales en toda Europa.

En la mayoría de publicaciones considera el Crystal Palace de Londres de Paxton en 1851 el precursor de los cerramientos acristalados ligeros. Por primera vez se plantea en toda su novedad un conjunto de aportaciones en la solución de un espacio de grandes dimensiones habitable íntegramente acristalado y se aborda en su globalidad el conjunto de problemas clave de su evolución: las necesidades de luz natural, transparencia, ligereza, prefabricación, construcción modular, facilidad de transporte y elevación, rapidez de construcción y también la posibilidad de adaptación a la geometría compleja del edificio.

El desarrollo de los prefabricados metálicos en Liverpool, permitió el crecimiento de la industrialización de la construcción y en especial de las envolventes ligeras, fachadas y cubiertas y en consecuencia la aparición de grandes huecos en los cerramientos.

En América, para la reconstrucción de Chicago después del incendio de 1871, hubo que desarrollar un sistema que permitiera construir

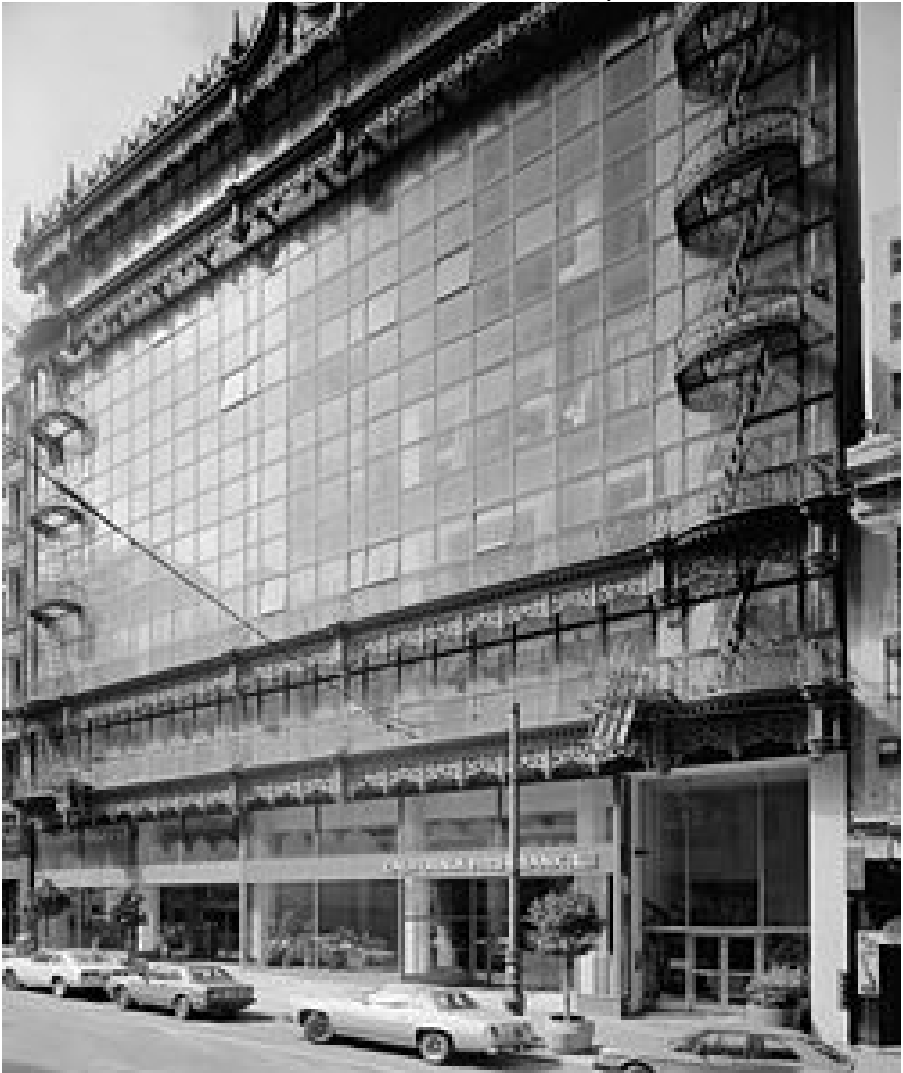


Second Leiter Building.
Chicago.1891.
Jeney & Mundie.

edificios de gran altura, de bajo coste y rapidez de puesta en obra. Con el Second Leiter Building de Chicago en 1891, obra de Jenney & Mundie, se inicia la implantación de las estructuras metálicas. Es el primer edificio construido completamente con pilares portantes de fundición de acero y forjados con estructura metálica y con los cerramientos de fachada no portantes.

En paralelo a las estructuras y gracias a la electricidad utilizada para la luz artificial y los motores eléctricos se fueron implantando ventiladores, refrigeradores, bombas y elevadores, base de avances técnicos de la industria que se impusieron durante los mismos años. El ascensor de Otis en 1880 o Siemens en 1887 y posteriormente también para los sistemas de ventilación y aire acondicionado. Fueron significativos los avances en el desarrollo de las redes: Comunicaciones con el telégrafo y el teléfono, el agua corriente sanitaria y el inodoro sifónico WC, en cierto modo, todo estaba ya planteado para la arquitectura del edificio de pisos. Faltaba el impulso de los cerramientos ligeros acordes con esta revolución y los inventos técnicos que los hicieran posibles.

Las propuestas de los arquitectos del Movimiento Moderno, en obras pioneras como la Sala de Turbinas de AEG en Berlín de Behrens en 1909 o la Faguswerk en Alfeld, de Gropius 1911 dieron paso poco después a un lado y otro del Atlántico a los primeros edificios de pisos resueltos enteramente con fachadas de vidrio y retícula metálica.



Hallidie Building.
Willis Polk 1918.
San Francisco.

Un ejemplo magnífico de ello es el Hallidie Building de San Francisco. Se trata de una obra construida en 1918 y restaurada completamente en 2013, después de años de abandono. En América no hay ninguna referencia anterior al de San Francisco, por ello podemos considerar que es el primer muro cortina de Estados Unidos y quizá de uno de los primeros de la historia de la construcción.

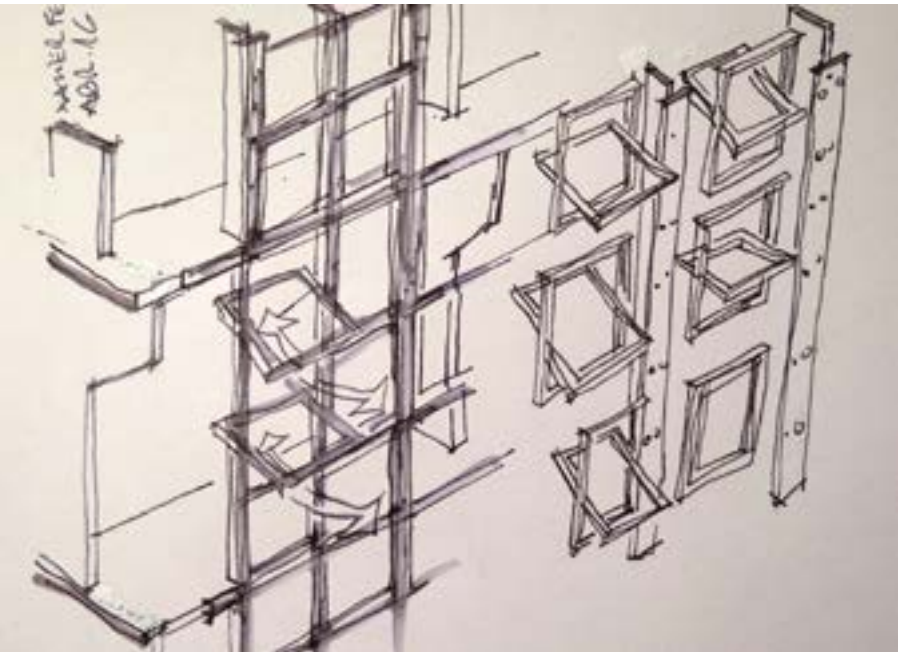
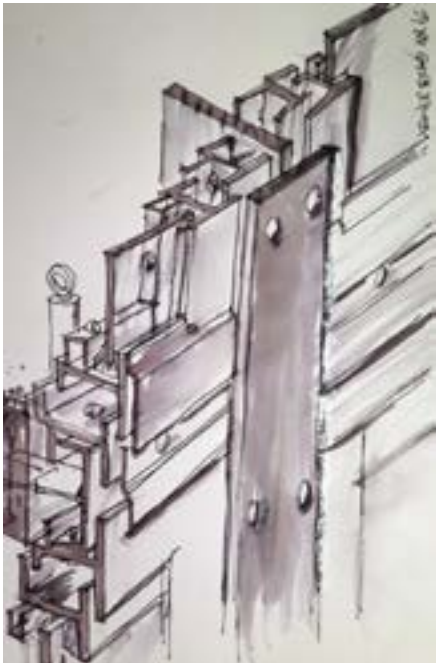
Por varios aspectos, ya sea su tamaño, complejidad, el sistema empleado o el estado después de su restauración, es uno de los casos más interesantes que podemos encontrar. Es un ejemplo de arquitectura de oficinas, diseñado por el arquitecto Willis Polk (1878-1928) de San Francisco. Inaugurado en 1919, estuvo en uso durante más de cincuenta años, hasta que en la década de los 70, debido a diversas patologías de la fachada fue declarado inseguro y se cerró.

Del edificio destaca su enorme fachada acristalada de siete plantas de altura, con un único plano de unos 600m² de superficie, pasante por delante del borde de los forjados, es decir, un muro cortina convencional, que fue pionero en su época. Está construido con un sistema muy elemental de perfiles y carpinterías de acero laminado en caliente, formando una retícula de cuadrados casi perfectos, para alternar ventanas practicables con algún modo fijo, unos cuatrocientos noventa módulos en total.

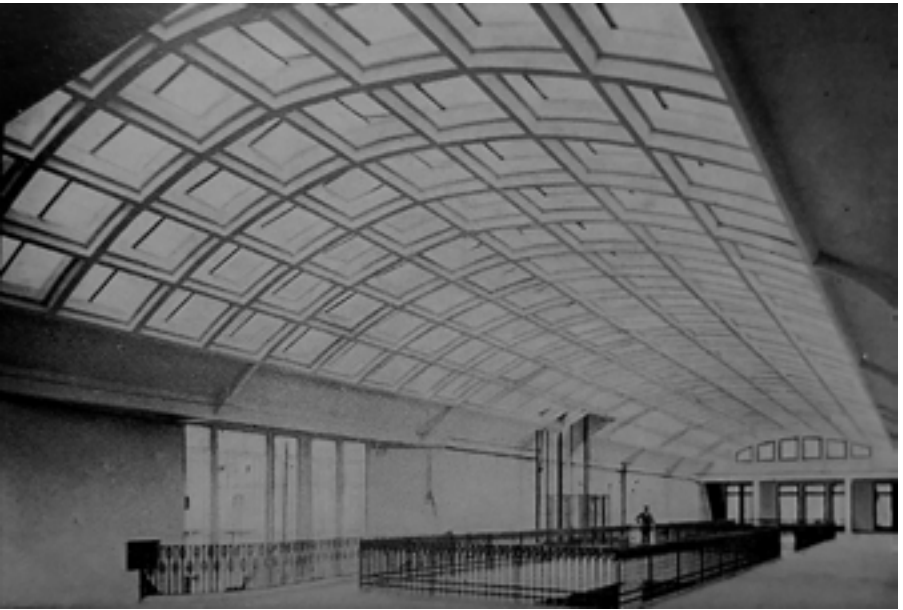
Cada nivel tiene tres módulos de forjado a forjado, siendo los tres con abertura basculante de eje horizontal, accionadas con un sencillo sistema de herrajes. Al abrir además de facilitar la ventilación del interior del edificio, se hace posible la limpieza y el mantenimiento de la fachada. Los vidrios son monolíticos, incoloros y transparentes, de pequeño formato ajustado a la técnica del momento. La fachada de este edificio se debe reivindicar como uno de los más interesantes hitos de la arquitectura de cristal de la historia y es una referencia clave, muy por delante en el tiempo, y con aportaciones mucho más interesantes que otras obras en Europa de los años 30 profusamente publicadas.



Hallidie Building.
Willis Polk 1918.
San Francisco.
Croquis detalle del sistema constructivo de fachada.



Muy pocos años antes en 1913 en Barcelona, se inicia la construcción de un interesante edificio con una fachada acristalada de gran formato, de características similares a los modernos edificios comerciales de Europa, pero en este caso con estructura principal de hormigón armado. Este novedoso sistema estructural basado en el método Hennebique se introdujo en España en 1908 por el arquitecto Eduard Ferrés Puig (1878-1928).



Ferrés junto con Homs y Mas fueron también los autores de este edificio conocido como Almacenes El Siglo o Ca'n Damians, premio a la mejor obra del año 1915 en Barcelona. Al margen de la estructura de hormigón, la obra sirvió para poner a prueba nuevos conceptos del uso de la luz natural a través de un enorme lucernario con estructura de hormigón acristalado que daba luz natural al patio central, y de sistemas de fachada ligera con grandes huecos acristalados sin capacidad portante, contruidos con carpintería de acero.

Otra de las grandes obras de referencia con poca difusión es el garage Marbeuf de París. Los arquitectos Laprade et Bazin, con la colaboración de un joven industrial llamado Jean Prouvé construyeron en 1929 una interesante obra en la que una vez más los grandes formatos de vidrio disponibles con los sistemas de producción de la época sirvieron para modular una impresionante fachada acristalada. A través de ella se ve un atrio de 6 plantas de altura, como si de un teatro se tratara en el que los automóviles de Citroën son los espectadores. En realidad están dispuestos para ser observados desde la calle a través del enorme cerramiento de cristal y como ocurre en la actualidad, el gran formato, la transparencia, la luz natural y artificial son muestras del alarde tecnológico coincidiendo todas ellas en el mismo espacio.

La industria del automóvil durante años apostó y lo sigue haciendo hoy, por la arquitectura de vidrio de grandes dimensiones, pudiendo destacar por su transparencia muchos ejemplos como la central de la misma firma Citroën en Lyon, obra de Maurice-Jacques Ravazé en 1932, en la que también colaboró Prouvé como constructor de los cerramientos, o bien los almacenes de automóviles SEAT en Barcelona



Edifici Almacenes El Siglo.
Barcelona.
Ferrés Homs i Mas. 1915.

Garage Marbeuf.
París.
Laprade et Bazin. 1928.





Almacenes Seat.
Barcelona.

César ortiz - Echague y Rafael Echaide. 1960.



Sede Mercedes Benz.
Munich.

Lanz Architekten. 2003.

de César Ortiz-Echagüe y Rafael Echaide en 1960. Tenemos también un claro ejemplo de reinterpretación moderna del modelo de vitrina de la SEAT, cuarenta años más tarde en 2003 con el Mercedes Benz Center en Munich del equipo Lanz Architekten, con el que podríamos confirmar la pervivencia del vínculo vidrio de gran formato con el de contenedor de objetos de alta tecnología.

Otros casos mucho más conocidos como la propuesta del concurso para dos rascacielos en la Friedrichstrasse en Berlin de Mies Van der Rohe en 1922, el Bauhaus, el Pabellón Suizo y la Cité Refuge en París 1933 de Le Corbusier son muros cortina pioneros, cerramientos exclusivamente de vidrio aplicados a los nuevos tipos y edificios de servicios y administrativos, derivados generalmente del bloque lineal o en altura. Respecto a las experiencias anteriores, la gran novedad es que el cerramiento acristalado hace posible una arquitectura nueva para una ciudad nueva. Pero la técnica es muy elemental aún, los nuevos cerramientos ligeros son todavía básicos, el muro cortina cuenta con poco más que unas rudimentarias secciones de acero laminado y vidrios de bajas prestaciones, confiando la estanqueidad a poco más que la geometría de los perfiles.

Dos experiencias interesantes que trazarían las líneas de avance son del mismo período de finales de los años 20 son las fachadas panel de las denominadas Maison Louchuer de Le Corbusier y las casas prefabricadas de su amigo y colaborador Jean Prouvé.

La denominada “Loi Loucheur” impulsaba la construcción de viviendas sociales de modo rápido y económico para lo cual Le Corbusier propuso un sistema de paneles metálicos prefabricados en los que el problema de la junta y del asilamiento quedaba resueltos con elementos prefabricados en taller. Le Corbusier defendía con vehemencia la construcción ligera por su anticipación, por las posibilidades de estandarización, por los pre-montajes con elementos seriados, por el trabajo en taller 24/7 y el control de calidad. El gran problema del momento eran los muy limitados medios de transporte y elevación, problemas que por otra parte hoy siguen siendo, con otros formatos, uno de los verdaderos puntos críticos de la construcción ligera.



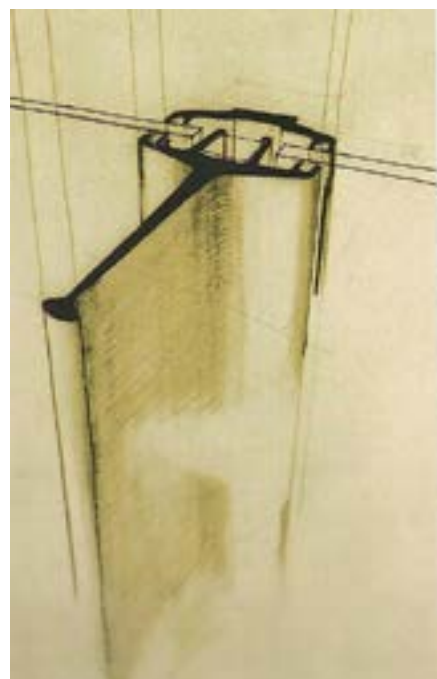
Maison Louchuer.
Sans Lieu.
Le Corbusier. 1929.

Por su parte Jean Prouvé durante la mayor parte de su carrera como ingeniero, diseñador, como fabricante y como consultor, apostó también por la estandarización, la prefabricación y la tecnificación de los cerramientos. La ligereza según Prouvé es el máximo exponente de la calidad y es solución a cualquiera de los problemas de la vivienda, en cualquier parte del mundo y en cualquier circunstancia. La inmediatez, el bajo coste, la flexibilidad o la industrialización de calidad son problemas ingeniosamente resueltos por él que se podían aplicar para construir desde barracones desmontables para la armada o alojamientos provisionales en 1939, a casas estándar de 8x8m o las conocidas casa tropicales para África en 1949.

Después el problema vuelve a América: son los años de formación en los que las nuevas tipologías de oficinas están naciendo. En el desarrollo de estos edificios en altura, las primeras soluciones al muro cortina serán impresionantes por su inventiva y nivel tecnológico: el Equitable Saving Bank de Portland (Belluschi, 1948), el Lever House de New York (SOM, 1952), el Edificio Seagram (Mies Van der Rohe y Philip Johnson, New York 1958), son los primeros rascacielos con muro cortina continuo y exterior a la estructura, contruidos con el sistema de montante y travesaño, con aire acondicionado, acristalamientos tintados, modelos de muchas de las arquitecturas actuales.

Desde ahora el muro cortina se identifica con el espacio del trabajo y un tipo particular de edificio, en el que el espacio útil se organiza en torno a un núcleo central estructural y de distribución de servicios, plenamente acondicionado, acristalado en todo su perímetro e indiferente a la orientación, dotado con un doble techo que aloja la fuerte dotación de instalaciones que requiere para ser viable.

Esta arquitectura, esta fórmula, se desplazó desde Nueva York al resto del mundo, y con ella el muro cortina, que comienza una evolución técnica imparable, incorporando nuevos materiales y tecnologías muchas veces nacidas en otros sectores como la automoción o la aeronáutica: nuevas composiciones de vidrio tintado de control solar y años más tarde los vidrios dobles. Posteriormente una amplísima gama de productos y de materiales poliméricos para mejorar la continuidad de los componentes de las fachadas que se fueron incorporando y en paralelo mejorando las prestaciones, es decir a medida que se desarrollaban primeras gomas, plásticos y adhesivos, siliconas y sobretodo los perfiles de aluminio extrusionados que permitieron aligerar el peso, ajustar con precisión los accesorios y los mecanizados, mejoraban la estanqueidad al aire, al agua y al ruido.



Diseño Sistema de Muro Cortina de Jean Prouvé. 0960.

El muro cortina es parte inseparable de un tipo de edificio que se repetirá por todo el mundo: el edificio de forjados, de esqueleto reticular de jácenas y pilares, planta diáfana, instalaciones por techo y perímetro acristalado. Un edificio que será genéricamente indiferente a la orientación o incluso al clima, y será característico de los años en los que la energía no es un problema.

Hacia los años 60 el muro cortina es ya un producto de serie que no permite demasiadas variaciones: son los sistemas completos de montante y travesaño formando mallas modulares ya terminadas en taller y prefabricadas, con perfilierías extrusionadas de compleja geometría, basadas en sistemas de acoplamiento entre perfiles para rigidizar, empalmar, ensamblar, escuadrar y con ello también diseñar canales de drenajes y ranurados para aplicar gomas y accesorios.

Para incrementar la velocidad de construcción, se desarrollan los pre-montajes de taller con la incorporación de anclajes, acristalamientos y paneles concentrando las actividades en taller y reduciendo la componente de mano de obra en la colocación.

Aunque en esta época se construyen maravillosos diseños -algunos tan experimentales y novedosos como los de Jean Prouvé, que exploró tecnologías y sistemas prefabricados que el mundo de las casas comerciales había dejado a un lado- y continua el proceso de evolución técnica de todos sus componentes, poco a poco entramos en una fase de una arquitectura muy profesional pero un tanto monótona por que las variantes del muro cortina son simples juegos geométricos de montantes y travesaños variando casi exclusivamente la modulación regular y la alternancia de zonas de visión y paneles ciegos. Se emplean cuatro materiales básicos, acero, aluminio, vidrio y piedra, y es en especial con la evolución técnica del aluminio y del vidrio, en cuanto a prestaciones, formatos, tratamientos y acabados, como se entiende la evolución de un sistema considerado ya tradicional.

Este muro cortina se pone en crisis hace apenas unas décadas, fruto principalmente de la evolución del espacio del trabajo y de la nueva consideración del problema de la energía.

Por una parte, frente al edificio de núcleo central estructural y de servicios con una corona diáfana, pasamos al edificio cuyo corazón está en la pared, pues gran parte de las instalaciones se desplazan a la periferia; incluso los núcleos de transporte vertical son exteriores. Al mismo tiempo el suelo técnico predomina sobre el doble techo (consecuencia también del desarrollo de las instalaciones de comunicación), se apoyan sistemas de ventilación natural reduciendo la presencia del aire acondicionado, etc.

Además se abre paso un concepto espacial más complejo, caracterizado por incorporar atrios y patios también acristalados que cierran áreas comerciales y grandes vestíbulos, de modo que los cerramientos no se limitan a las fachadas acristaladas. La arquitectura resuelve formas cada vez más complejas, espacios cerrados con fachadas y lucernarios de cristal, que se construyen por todo el mundo, manteniéndose el debate acerca de lo que es interior y exterior de un edificio, de lo que es fachada o lo que es cubierta, en algunos casos denominada la quinta fachada.

El problema del balance energético, casi obviado en las décadas anteriores, pasa a primer plano, y el control solar y la relación con los sistemas de instalaciones son los aspectos que determinan las nuevas tendencias.

Definitivamente se reconsidera la contestación de Le Corbusier con el “brise soleil”, fundada en la crítica al comportamiento energético del muro cortina, y que dará lugar a una nueva generación de soluciones más tecnificadas y centradas en el problema del control solar. Son los muros-parasol, para los que se estudiarán multitud de variantes a la hoja externa y de los que los muros cortina tradicionales pasarán a ser un componente más, quizá el, más sencillo de un sistema complejo. Las tipologías se multiplican dando lugar a gran cantidad de variables de sistemas verticales, horizontales, fijos, orientables, escamoteables en el exterior, en el interior, entre pieles o incorporadas a los propios elementos.

Por otra parte la industria avanza notablemente en diferentes campos. En el desarrollo de los acristalamientos, con los vidrios templados y laminados, los de capas denominados bajo emisivos y el aumento espectacular de los formatos standard aplicables, hoy en muchos caso superiores a los formatos “jumbo” de 6,25 metros de longitud que marcan el límite de lo comercial a lo especial. Como consecuencia del desarrollo de la industria del vidrio en la que las capas selectivas siguen evolucionando para conseguir los máximos índices que indican la relación entre la transmisión luminosa y el factor solar del acristalamiento, y con ello más transparencia y más luz natural, sin reducción de las prestaciones energéticas de la fachada.

También a finales de los 80 se desarrollaron sistemas de fijación del acristalamiento que superaron la dictadura de la “tapeta y el presor” de aluminio extrusionado tan característica de la retícula del muro cortina, hablamos de opciones basadas en la química y otras en la física, se generaliza el uso de siliconas de alto módulo denominadas “estructurales” VEC o SG, u otras con un mayor grado de sofisticación con anclajes de vidrio mediante botones VEA o “spider” o el montaje en suspensión, que permiten minimizar o incluso suprimir la retícula portante de aluminio y las fachadas son grandes planos de cristal continuo, que varían escasamente en color y geometría.

Aumenta también el nivel de industrialización, generalizándose de nuevo, como ocurrió en los años 60 el ensamble de grandes módulos prefabricados ligeros, con los que aumenta el rendimiento de puesta en obra y la calidad de la fachada terminada. Pero la industria, al tiempo, se abre a nuevas posibilidades, y el mundo de las patentes no es ya impenetrable: en este momento, es remarcable la diferencia entre los sistemas de aplicación de los muros cortina -con grandes empresas que desarrollan los “sistemas” standard, de gamas y series completas de las grandes marcas- y otras grandes empresas “fachadistas” que desarrollan en sus fábricas sus propios sistemas con los que fabrican y montan las fachadas que proyectan.



Rascacielos de oficinas del barrio de la Defense.
Paris. 1969.
Jean de Mailly y Jaques Depussé



Un nuevo caso vinculado al genial Prouvé, en este caso como consultor, es el primer rascacielos de oficinas de barrio de la Defense, junto a París. Los arquitectos Jean de Mailly y Jacques Depussé proyectaron en 1967-1969 la llamada Tour Nobel de 105 metros de altura y treinta y cinco plantas. Prouvé colaboró con ellos en el diseño y la viabilidad constructiva del sistema estructural y muy especialmente del muro cortina que envuelve el edificio. Sus aportaciones y las del equipo de arquitectos en el sistema de encofrados deslizantes y la estructura mixta de hormigón y acero, con forjado de chapa de acero colaborante, fueron pioneras y en la actualidad se utilizan como la base de la técnica de la construcción de cantidad de rascacielos.

En cuanto a las fachadas, es un muro cortina con retícula de aluminio, que forma una doble piel de vidrio con las esquinas curvas. El sistema de fijación permite los movimientos y las dilataciones del conjunto sin transmitir esfuerzos de la retícula a los acristalamientos. Las piezas curvas de las esquinas se fabricaron en Estados Unidos porque en Europa aún no era posible garantizar la calidad de los formatos.

En 2003-2005 el edificio se rehabilitó completamente por Valode et Pistre. La calidad del cerramiento construido en los 60 es evidente ya que en el proceso de adecuación de la fachada se desmontaron los componentes de amianto y se mejoraron los acristalamientos y los sistemas de ventilación de las cámaras, manteniendo la configuración de la fachada adaptándose, con los nuevos componentes, a los requisitos de energía, de fuego, acústicos, de seguridad y de confort de un IGH de alta gama. (Immeuble de Grande Hauteur).

En España los comienzos de los muros cortina y de la construcción ligera fueron muy modestos aunque de inmediato se desarrolló una industria derivada de los talleres de metalistería capaz de construir arquitecturas de aluminio muy interesantes. Podemos comprobarlo a través de dos casos, la Universidad Laboral de Tarragona en 1952-1956 y del rascacielos sede de Banco Atlántico, hoy del Banco Sabadell en 1967.



Las fachadas de los comedores de la Laboral de Tarragona, son un impresionante cerramiento de triple altura que fue el primer muro que se construyó en España, con perfiles extrusionados de aluminio de sección abierta y a falta de gamas completas de perfiles algunos componentes se resolvieron con chapa de aluminio “sangrada”, es decir ranurada y plegada para reproducir las aristas vivas de la extrusión. El proyecto de los arquitectos Pujol, de la Vega, Peral y Sierra, fue en su conjunto un campus en el que se mezclaban las aulas, los talleres, las residencias de los estudiantes, las instalaciones de servicio de deporte y de ocio.



Universidad laboral de Tarragona.
Tarragona.
Pujol, de la vega, Peral y sierra. 1957.

Una vez más la arquitectura del vidrio sirvió también como evidencia de la calidad del conjunto de la obra y de la transparencia de un modelo de enseñanza que en el país era hasta cierto punto controvertida.

El Edificio del Banco Atlántico de Barcelona, tal como se ha comentado en el capítulo anterior, fue un proyecto de Mitjans y Balsells en 1967, y fue el primer rascacielos en España construido con muro cortina. Las especiales características de la época obligaron a importarla tecnología y los perfiles extrusionados y anodizados de Alemania. Perfiles que no tenían rotura de puente térmico y con una configuración tal que obligaba a acristalar por el exterior. Los vidrios son monolíticos de pequeño formato, con un nivel de protección solar relativamente bajo, aunque eran las mejores prestaciones posibles en el momento. El anclaje del muro cortina es una lección de la época de cómo se debía construir para poder regular la colocación de los perfiles, compatibilizando dos conceptos “coordinación dimensional” y “tolerancia” que no existían en ningún diccionario del momento. Ambas obras fueron proyectadas y construidas por una empresa puntera de los 60-70, la hoy desaparecida Biosca & Botey.



Edificio Castelar.
Madrid.
RTafael de la Hoz. 1975.

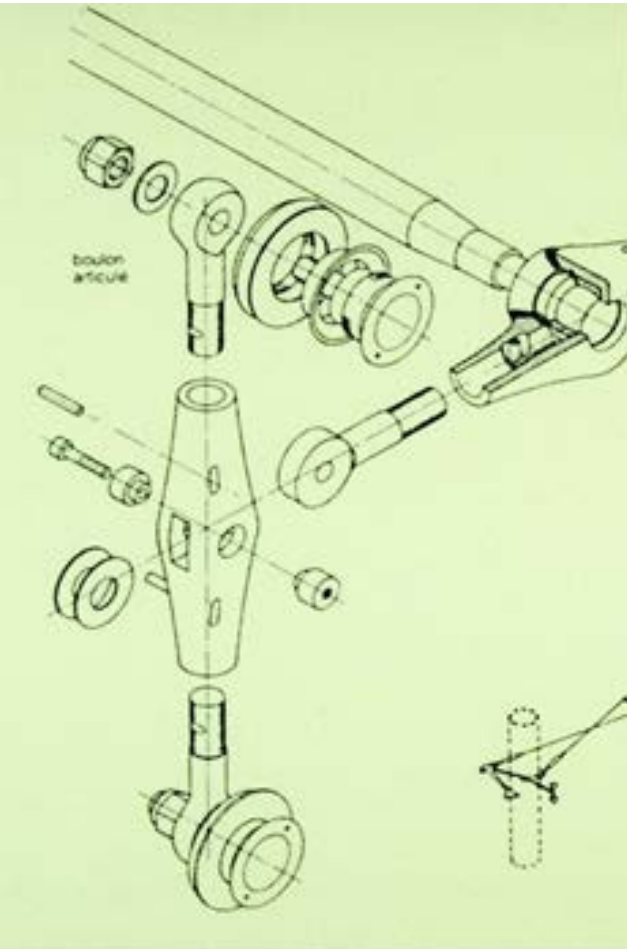
Una de las aplicaciones del vidrio estructural tan audaz como interesante que podemos encontrar en los años 70, es el edificio Castelar de Madrid para la Banca Coca. Es una obra de Rafael de la-Hoz proyectada y construida entre 1972 y 1975 en la que los problemas de la luz y del calor se resuelven mediante una doble piel de vidrio definida en la memoria del proyecto como un halo flotante, escudo térmico flotante de cristal con “efecto anti-invernadero”.

El cerramiento consiste en una piel interior con vidrio cámara aislante y reflectante y una piel exterior con vidrio de 6 m. de longitud, grabado al ácido y templado de 12mm soportada por un sistema de costillas perpendiculares al plano de la fachada interior, de vidrio templado y laminado de 12+12mm todo ello ensamblado con un ingenioso sistema de pletinas y perfiles de acero inoxidable con secciones mínimas La singularidad de la propuesta hoy sería casi imposible de construir teniendo en cuenta las restricciones normativas y los parámetros de cálculo existentes.

Todo estos avances se entienden bien en los grandes proyectos de los 80-90, y muy especialmente en las experiencias derivadas del “hight-tech” británico. De nuevo es Inglaterra el motor de una arquitectura fuertemente determinada por la invención técnica gracias a obras como la Lloyds de Londres, la Villette, la pirámide del Louvre de París, la ingente obra de Foster, Piano, Pei, Rogers de la mano de los grandes ingenieros, Peter Rice, Michael Ekhout, Ove Arup, configuran una arquitectura contundente, de nuevo nacida -como ya cien años atrás- de las posibilidades del vidrio. Y en poco tiempo, la nueva generación de muros cortina y cerramientos especiales que se integran completamente, desde el inicio del proyecto, como un elemento determinante de la arquitectura se extiende por todo el mundo estamos en un momento clave en el que en palabras de Peter Rice “La respuesta del arquitecto es fundamentalmente creativa en tanto que la del ingeniero es esencialmente inventiva”.

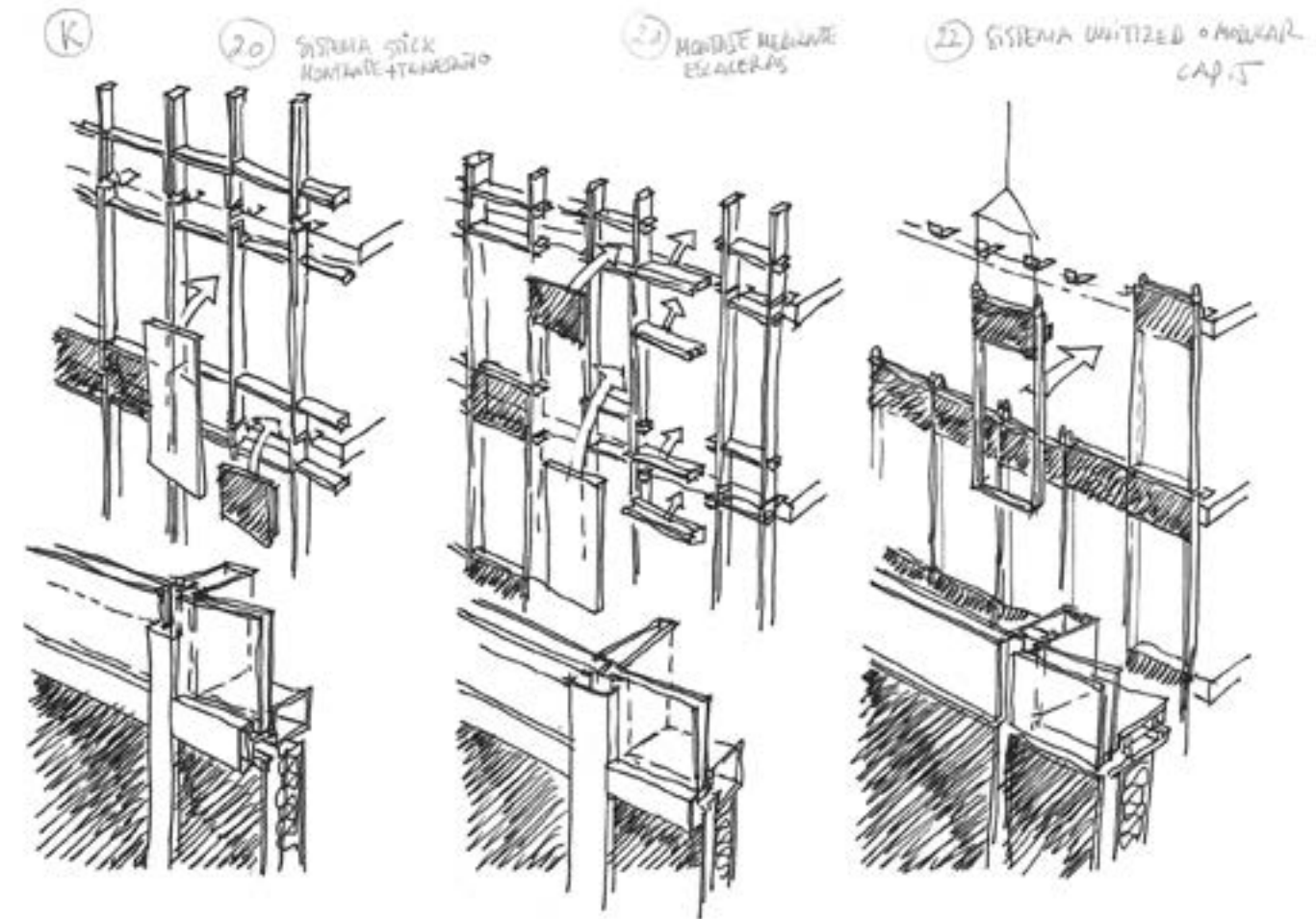
Esta tendencia de desvinculación de técnica y forma ha ido en aumento, lamentablemente para el colectivo de arquitectos, porque paulatinamente se separan el concepto arquitectónico, de la viabilidad de las formas que proponen con escaso control del proceso. En definitiva cualquiera de las variables de geometrías complejas, el funcionamiento vinculado de varias pieles o la altura por ejemplo, conforman arquitecturas cada vez más tecnificadas que expresan muy a su pesar una sofisticación tal vez fuera de la lógica constructiva, que sin embargo son la identidad de una larga lista de arquitectos de referencia como Frank Ghery, Norman Foster, Nicolas Grimshaw o Bohly Ciwinsky Jackson entre otros.

Sistema de fijación VEA diseñado por:
Peter Rice, Michael Ekhout.
Para las Serres de la Villette, París. 1982.



7.2.2. Primera aproximación.

Los problemas iniciales de un muro cortina son de naturaleza estructural, debemos transmitir el peso propio de los componentes, las cargas de presión y succión debidas al viento y las tensiones derivadas de los cambios de temperatura. Por tanto, es fundamental considerar: la resistencia mecánica de los perfiles, la limitación de las flechas, la configuración de las uniones entre componentes, los límites dimensionales del panel de vidrio, la necesidad de transmitir a través de los anclajes las acciones que actúan sobre el muro cortina a la estructura del edificio, el movimiento diferencial entre estructura y cerramiento, la compatibilidad dimensional de los diferentes oficios etc.



Esquemas de montaje de muro cortina stick.
Premontaje en forma de H y Muro cortina modular.

Cerrar adecuadamente la retícula de perfiles con los denominados EDR (elementos de relleno) con vidrio o un panel opaco implica otros problemas, entre los que destacan los derivados de su comportamiento energético. La naturaleza transparente del vidrio altera drásticamente el balance energético del cerramiento, aunque en la actualidad la utilización de capas de baja emisividad y en determinados casos la doble cámara para el triple acristalamiento, mejoran notablemente las prestaciones. Por otra parte el problema de la radiación, aportaciones de energía directa, se resuelve con la incorporación de un nuevo conjunto de elementos al muro, desde protecciones solares a sistemas de instalaciones, en el interior, en el exterior o en el plano de la fachada.

Además por requisitos tan claros como la esbeltez o la ligereza, aspectos que en otro tipo de cerramientos son secundarios, tienen aquí un gran protagonismo. Nos referimos al aire o al agua, a su comportamiento acústico, a la reacción al fuego, la seguridad activa o pasiva, la modulación o la prefabricación, el mantenimiento o la durabilidad.

En consecuencia, el muro cortina será un complejo mecanismo compuesto por una organización multicapa, en la que diversos elementos se estratifican para lograr una respuesta apropiada a todos estos problemas, basada en criterios de calidad y de altas prestaciones.

Empezaremos, tal como hemos definido, por la que consideramos la versión más sencilla: un conjunto de paneles de visión, normalmente de vidrio, y otros opacos, con una trama de perfiles que faciliten el montaje de los elementos de relleno; con el correspondiente conjunto de juntas entre paneles que se acoplan además a los diferentes sistemas de techo y suelo, a los elementos del sistema de climatización y a la estructura, más los necesarios vínculos que tienen la misión de trasladar las cargas de los paneles hasta los forjados y mantenerse en su posición con fiabilidad.

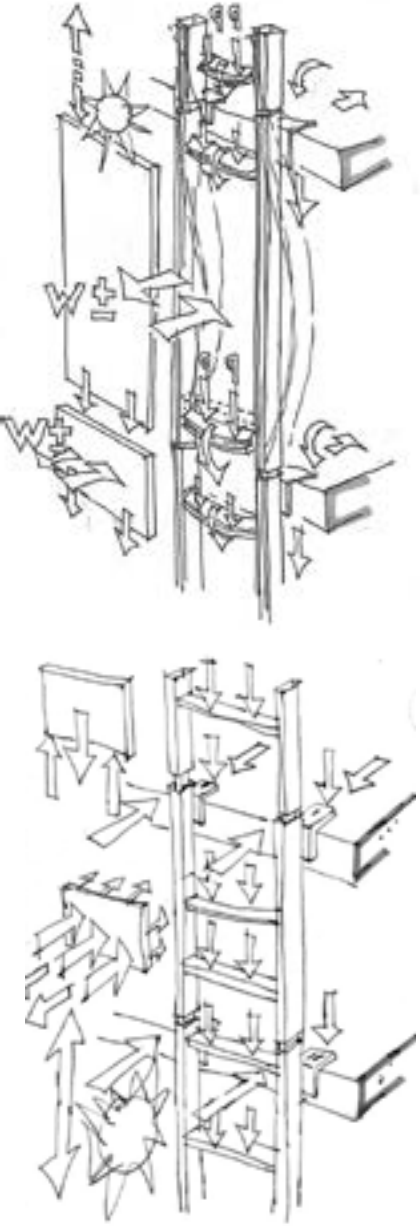
7.2.3. Comportamiento estructural.

Si planteamos acristalar una fachada entre forjados, apoyada en dos lados, veremos en primer lugar que el vidrio no puede salvar esa luz típica sin que la presión o succión del viento ocasione su excesiva deformación por flexión. Esto ocasiona la pérdida de prestaciones a corto plazo, al deformarse sus juntas pierde la estanqueidad e incluso puede llegar a la rotura del propio vidrio. Podemos apoyar el vidrio o suspenderlo, pero en ambos casos se requiere un contrarresto a la flexión.

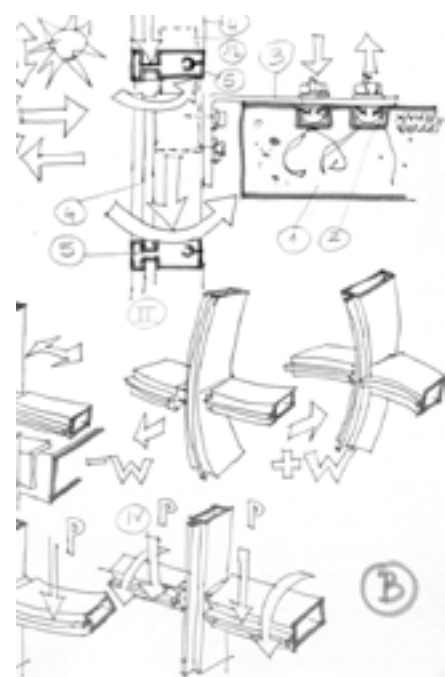
Esta deformación se reducirá sensiblemente si el panel de vidrio apoya en cuatro lados, reduciendo las luces y trabajando como una placa. Estamos así en la solución clásica de recercar el vidrio con un bastidor de perfiles estructurales a los que aquel traslada su peso propio y las cargas de viento.

Son posibles otras soluciones en las que el apoyo es en dos de los lados o incluso puntual en cuatro o seis uniones a los elementos de soporte. En el caso más general el bastidor descansará en los forjados a través de un mecanismo que permita la regulación exacta de la posición respecto de la estructura a la que va a transmitir las acciones verticales y horizontales que actúan sobre él.

Surge la idea de dar continuidad al cerramiento, pasándolo por delante de la estructura de modo que no quede interrumpido por los forjados. Esto tiene muchas ventajas, no sólo desde el punto de vista del aislamiento y la estanqueidad, sino que también el concepto de fachada es mucho más limpio. Los bastidores y la retícula pueden ser continuos en este caso, con pequeñas adaptaciones de diseño del vínculo a la estructura.



Esquemas de acciones y deformaciones del sistema de Muro Cortina.



Esquemas de acciones y deformaciones del sistema de Muro Cortina.

Un bastidor genérico se forma con montantes y travesaños, estos últimos para resistir el peso del vidrio a través de los dos calzos de apoyo y ambos para las cargas horizontales. Con la inercia suficiente, el bastidor limitará la deformación del vidrio ante la presión y succión ocasionada por el viento, y el peso propio de la placa, dentro de lo asumible por el tipo la composición del acristalamiento y por las juntas. La industria y la arquitectura han dado nuevamente respuesta a esta cuestión con muy diferentes sistemas que van desde las secciones normales de perfiles extrusionados de aluminio a perfiles de acero, madera, cables y varillas e incluso en determinados casos con maineiles de vidrio reforzando la sección desde el interior o el exterior del edificio. Evidentemente con muchas combinaciones de perfiles de aluminio-acero, aluminio-madera o los “composites” de resinas y fibras moldeadas o extrusionadas mediante el proceso de pultrusión, para aumentar la resistencia mecánica y reducir las secciones portantes.

Otro problema es la dilatación térmica del cerramiento, si bien los elementos, paneles y bastidor son independientes entre forjados, sus cambios dimensionales pueden ser asumidos por las juntas. Si el cerramiento es continuo es claro que la deformación de origen térmico no puede ser asumida por un sistema que necesariamente requerirá juntas de dilatación, tanto en los perfiles horizontales como en los verticales, que hagan compatibles las deformaciones entre sus diferentes elementos. Estas discontinuidades tienen la doble función de admitir las deformaciones y ser juntas tectónicas imprescindibles para el transporte y montaje de la fachada.

Estamos aplicando el cerramiento sobre una estructura siempre deformable, flexión de los forjados o de los elementos estructurales de soporte vertical, flexión por viento, contracción y asentamientos del hormigón o de las estructuras metálicas, etc. El muro cortina no podrá aceptar esas deformaciones, salvo que le dotemos de mecanismos adecuados. De nuevo la solución general será concebir el cerramiento continuo con un sistema de juntas. En todo caso el viento, los cambios de temperatura, la excentricidad de las cargas a través de sus apoyos y las deformaciones de la estructura principal, no actúan de forma ordenada.

Todas ellas son combinables y hay que prever su simultaneidad, para abordar con garantías el sistema estructural y el sistema de juntas.

El resultado es que el muro cortina comienza a configurarse como un conjunto de escamas ensambladas, de tal forma que en su comportamiento las juntas y rótulas desempeñan un papel protagonista: juntas del bastidor, juntas de acristalamiento y paneles y juntas en los anclajes.

Todo esto trabajando con un material como el vidrio cuyo comportamiento rompe las reglas del juego habituales, por ser característicamente frágil, y en consecuencia muy sensible a roturas por concentración de tensiones, tanto de origen mecánico como térmico. Esto obliga a tener una atención excepcional a su tratamiento térmico, recocido, termo endurecido o templado y especialmente a

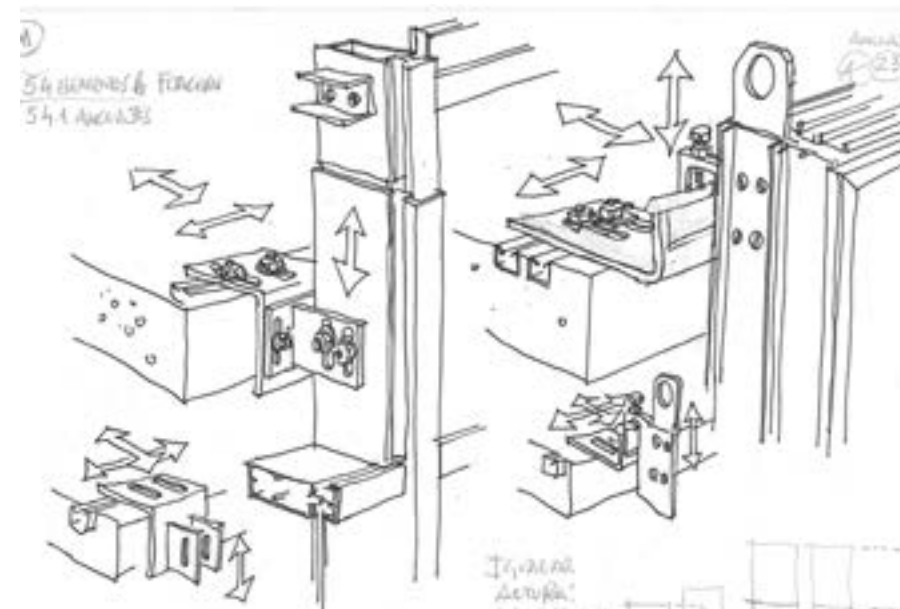
las condiciones de apoyo de sus bordes, es decir, a aquellos elementos que resuelven la transición entre el vidrio y la estructura del edificio, ya sea este puntual o continuo.

Por tanto los sistemas de cerramiento de fachadas integran ordenadamente los componentes acoplados a los montantes en sus mechas de continuidad, en las uniones de los travesaños a los montantes con los “enchufes” y las piezas antivuelco, también en los apoyos entre paneles y vidrios a la retícula mediante calzos y juntas elásticas de estanqueidad que completan el conjunto y sus accesorios.

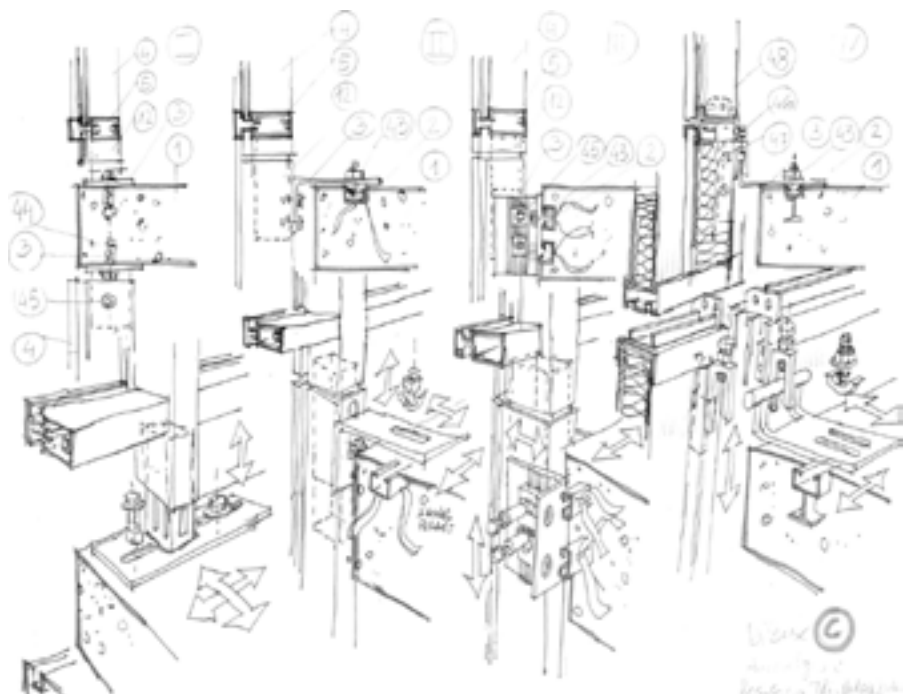
Normalmente transmitimos las cargas que actúan sobre el cerramiento a la estructura del edificio a través de mecanismos de anclaje a los forjados o a los elementos estructurales verticales. Estos anclajes deben tener la necesaria resistencia para elevadas cargas puntuales y permitir en el proceso de montaje la regulación tridimensional. Posteriormente la deformación de los sistemas ha de ser compatible de modo independiente entre el muro cortina y la estructura del edificio. Evidentemente este mecanismo combinado con el concepto estructural del cerramiento ha de impedir la transmisión de cargas, sean de la naturaleza que sean, del edificio a este, para evitar cargas impuestas y las patologías derivadas.

Los anclajes han de ser mecánicamente resistentes, durables, permitir los movimientos de la estructura y de la retícula que soportan y tienen que tener los elementos de regulación necesarios para hacer compatibles dos mundos de generación y comportamiento muy diferentes. Por tanto han de ser adaptables en los ejes X, Y e Z a la posición exacta prevista, coordinando el dimensionado a las tolerancias de fabricación de la estructura y del propio cerramiento.

Se han de prever y coordinar en el proceso de diseño, siendo deseables $\pm 20\text{mm}$ para las estructuras de hormigón ± 5 para las estructuras metálicas y $\pm 1\text{mm}$ para los componentes de la propia fachada ligera.

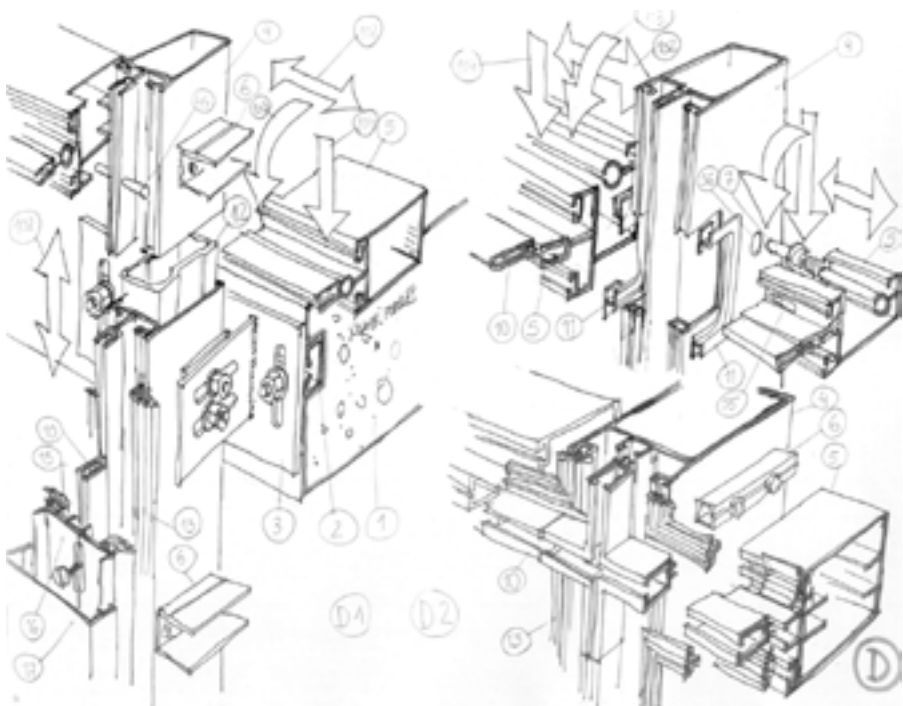


Anclajes y regulación tridimensional del Muro Cortina.



Anclajes y regulación tridimensional del Muro Cortina.

La posición de los anclajes respecto del forjado va a determinar su forma, dimensión y comportamiento. Una vez verificada la capacidad para admitir importantes cargas puntuales, el primer problema con el que nos vamos a encontrar, es determinar cómo se van a vincular los elementos resistentes del anclaje, en función de la naturaleza del forjado sea metálico o de hormigón. Opcionalmente será mediante placas o guías de regulación que estarán embebidas en el hormigón del forjado, o bien soldaduras directas a la estructura de borde o mediante tacos de expansión metálicos que fijaran las placas de transición o los propios anclajes a la estructura, en el canto, la parte superior o la inferior del mismo forjado.



Elementos de continuidad para uniones Montante-Montante y montante-travesaño.

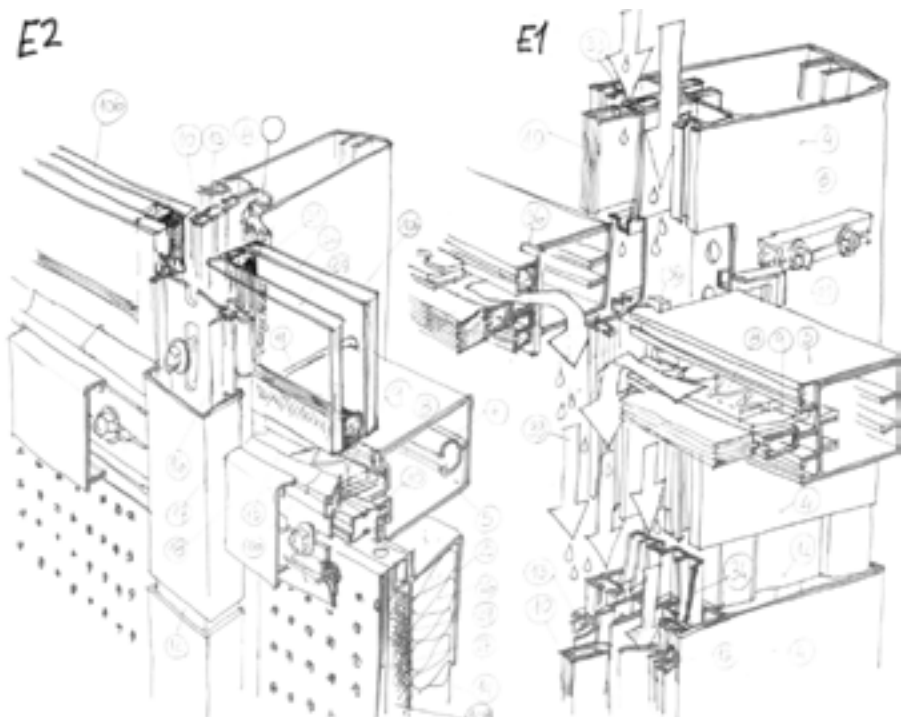
Determinadas la dirección, sentido y magnitud de las cargas, se tendrán en cuenta la posibilidad de absorción de los movimientos entre estructura y forjado y el esquema del comportamiento estructural, en el que estarán claramente definidos los puntos fijos y los deslizantes para permitir los desplazamientos acorde con el forjado y las dilataciones y rotaciones de la retícula.

Estos son normalmente de acero o de aluminio, se diseñan adaptados específicamente para cada obra. La cuestión se complica exponencialmente cuando tratamos además de los soportes del muro cortina, de las dobles pieles, con las múltiples combinaciones de anclajes, ménsulas y pasarelas, y soportes de la piel exterior. Todo el sistema ha de ser capaz de admitir las regulaciones de los elementos estructurales que se replantean con mucha antelación previa al montaje. Estas soluciones en cualquier caso, requieren de una coordinación de estructura y fachada muy precisa.

7.2.4. Agua

El control del agua es uno de los principales problemas en la construcción y origen de numerosas patologías. Las fachadas, especialmente las ligeras no son una excepción. Los materiales porosos en contacto directo con el agua o con el vapor de agua pierden prestaciones y se deterioran, además de deformarse pierden su capacidad aislante, pueden producir hongos y pueden degradarse perdiendo su integridad.

Por otra parte los metales sin la protección adecuada inician un proceso de oxidación que ocasionará dos tipos de problemas, una de ellos la pérdida de sección y la capacidad resistente debido a la corrosión y el otro el más habitual, la degradación de su aspecto, que en realidad es la evidencia del inicio del fenómeno anterior.

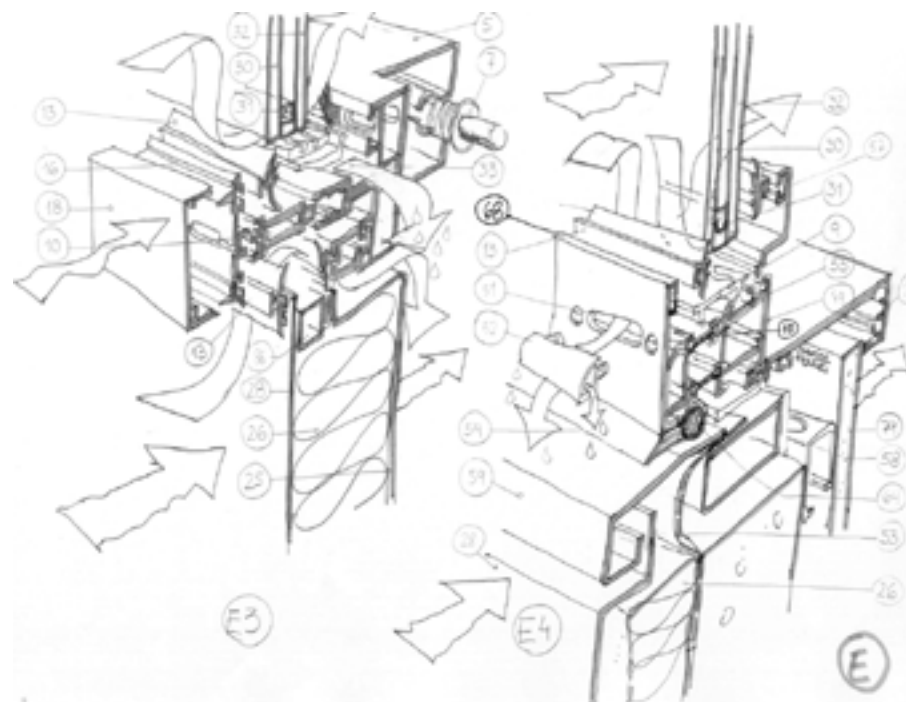


Drenajes verticales y horizontales en travesaño y montante.

Controlar el comportamiento del agua en cualquier cerramiento es uno de los objetivos de su diseño, mucho más en el caso del muro cortina, debido a su reducido espesor característico y a su carácter heterogéneo y discontinuo por la gran cantidad de uniones y solapes en las que además se reúnen diversos materiales.

El primer problema es la estanqueidad al agua y al vapor y su drenaje. Para solventar un requisito tan elemental se requiere el uso de componentes que suelen ser impermeables, vidrios, paneles composite, materiales porosos tratados, perfiles y chapas, de modo que el problema, de nuevo, son las juntas, las del propio bastidor y con el resto de componentes del sistema y las juntas de los sistemas entre si y cualquiera de los otros de su perímetro. Dada la frecuencia con que éstas se producen y su complejidad al implicar movimiento y reglaje, reúnen materiales de comportamiento elástico de características muy diferentes, que requerirán soluciones mucho más sofisticadas y técnicas que otros sistemas de cerramiento.

No sólo es importante la cantidad de agua que entra en un sistema y por donde lo hace, sino que, es fundamental saber cómo se comporta una vez dentro de los perfiles, ya que es posible que se reenvíe al exterior, se drene hacia el sitio previsto por el sistema, se estanque en determinadas cámaras del perfil o en el peor de los casos aparezca descontroladamente en el interior del edificio.



La estanqueidad al aire y al agua.

Esquema de filtraciones.

Otro fenómeno no menos importante es la condensación, que tiene que analizarse en, los elementos opacos y en los vidrios de cualquier cerramiento ligero, pero puede producirse además en los perfiles de la retícula, en la cara interior de los acristalamientos y sobre todo en chapas y otros elementos de remate en los que no es fácil incorporar el aislamiento y los materiales que han de actuar como rotura de puente térmico.

La configuración de las típicas fachadas ventiladas y especialmente las construidas con tabique seco tienen que controlar el orden de las capas y el tipo de material que componen la sección característica para evitar los efectos perversos de la condensación, tanto pérdida de prestaciones como la durabilidad de los propios materiales.

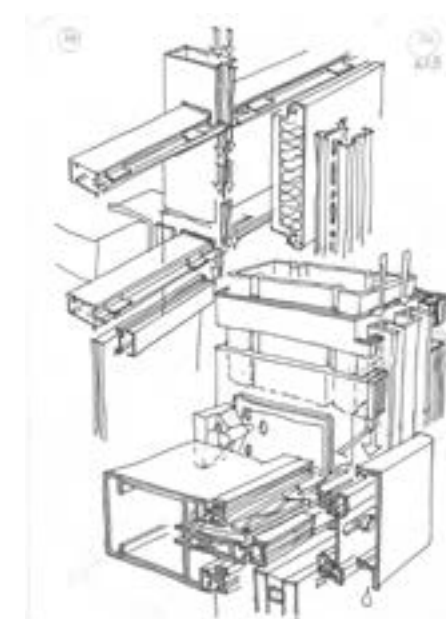
Para cada caso, la tecnología aporta sus soluciones como pueden ser perfiles con rotura de puentes térmicos, láminas de barrera de vapor, capas para baja emisión en los acristalamientos. A pesar de ello, es importante planear la estrategia de drenaje de las posibles filtraciones y de las eventuales condensaciones.

Los mecanismos clásicos para lograr estanqueidad en una junta y la protección son mediante solapes, resaltes, tapajuntas o la juntas abiertas, que combinados además de los procedimientos más elementales basado en la física, funciona la química cuando se aplican correctamente los cordones de silicona extrusionados in-situ y los perfiles conformados de compuestos como el EPDM o la silicona que en muchas ocasiones forman juntas termo-formadas para los ingletes y las juntas especiales.

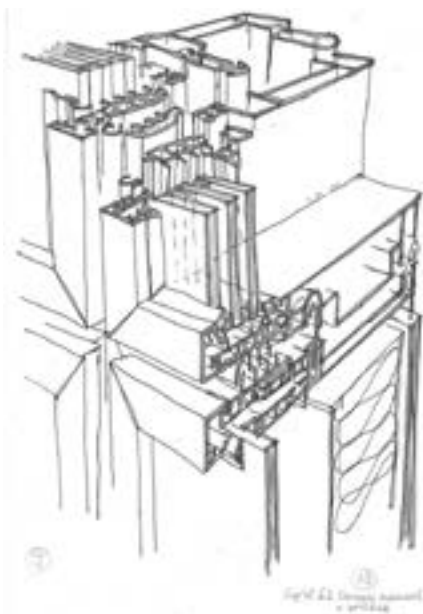
Nos encontramos con todos ellos, en las juntas típicas entre retícula y EDR, es decir, acristalamiento y el bastidor mediante perfiles plásticos normalmente incorporados en los perfiles extrusionados de aluminio de mainel, travesaño, los perfiles de porta gomas y en el presor exterior en el que se “clipan” directamente las tapetas que actúan como embellecedor.

En ocasiones de riesgo especial de filtraciones, como pueden ser los vértices de geometrías complejas, los cambios de plano, remates perimetrales a otros sistemas constructivos y en las cubiertas se añaden a los componentes anteriores, cintas de montaje para asegurar la impermeabilización. Las bandas de caucho de butilo auto-adhesivas denominadas genéricamente “butylband” están recubiertas de aluminio que las protege, siendo por ello muy resistentes a la intemperie y a los agentes atmosféricos.

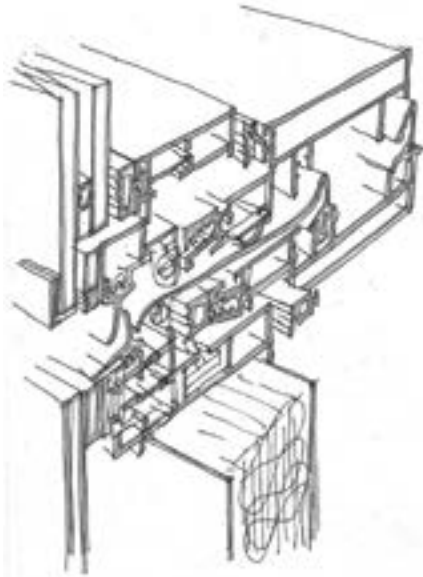
Los perfiles de los sistemas de fachada llevan acoplados mecanismos contra la condensación mediante la interposición de pletinas para rotura de puente térmico y sistemas de drenaje del agua infiltrada o condensada con canales de drenaje y taladros protegidos con piezas de plástico para favorecer la evacuación del agua por efecto Venturi. En los sistemas específicos para cubierta acristalada en los que el riesgo de condensación por la cara interior es elevado, el diseño de los perfiles tiene que contemplar canales de drenaje con varios niveles escalonados que se acoplan entres si, desde los travesaños a los maineles recogiendo por las eventuales filtraciones y por la cara interior del cerramiento las condensaciones que se han mencionado. En cualquier caso, los canales de drenaje permiten a su vez ventilar el perímetro de las placas de vidrio para mejorar las condiciones de los sellantes del doble acristalamiento aislante, evitando uno de los factores de degradación que más contribuye a la pérdida de estanqueidad de la cámara aislante.



Drenajes verticales y horizontales en travesaño y montante.



En el muro cortina como en cualquier cerramiento ligero, es fundamental conocer el comportamiento ante otros fenómenos relacionados con el agua, en particular los ataques químicos. Al incluir los sistemas materiales muy diversos hay que atender especialmente a la compatibilidad química entre todos ellos, no solo durante la aplicación con la contaminación y deterioro de las juntas por la aparición de los fluidificantes, sino que dada la presencia de metales, sellantes, materiales plásticos y adhesivos diversos, el diseño debe tender a evitar la corrosión y degradación por los lavados sucesivos de agua con agentes químicos disueltos, lo que afecta no solo a la elección de materiales, sino de nuevo a la concepción de juntas y fijaciones, para resolver no sólo la estanqueidad a corto plazo, sino también cuestiones tan dispares a medio y largo plazo como la pérdida de prestaciones en aislamientos y acristalamientos, la estabilidad del conjunto o el envejecimiento acelerado de los tratamientos superficiales y en el caso más extremo, la degradación de los metales debida al par galvánico.



Un caso que requiere especial atención, y se desarrolla en el capítulo correspondiente a la doble piel, son las interferencias de los elementos estructurales con los sistemas convencionales de cerramiento. Todas las ménsulas para pasarelas, anclajes para los accesorios de control solar por el plano exterior de la fachada son elementos que interrumpen las barreras de estanqueidad y los canales de drenaje de los sistemas y, por tanto, necesitan tratamiento especial para cada caso.

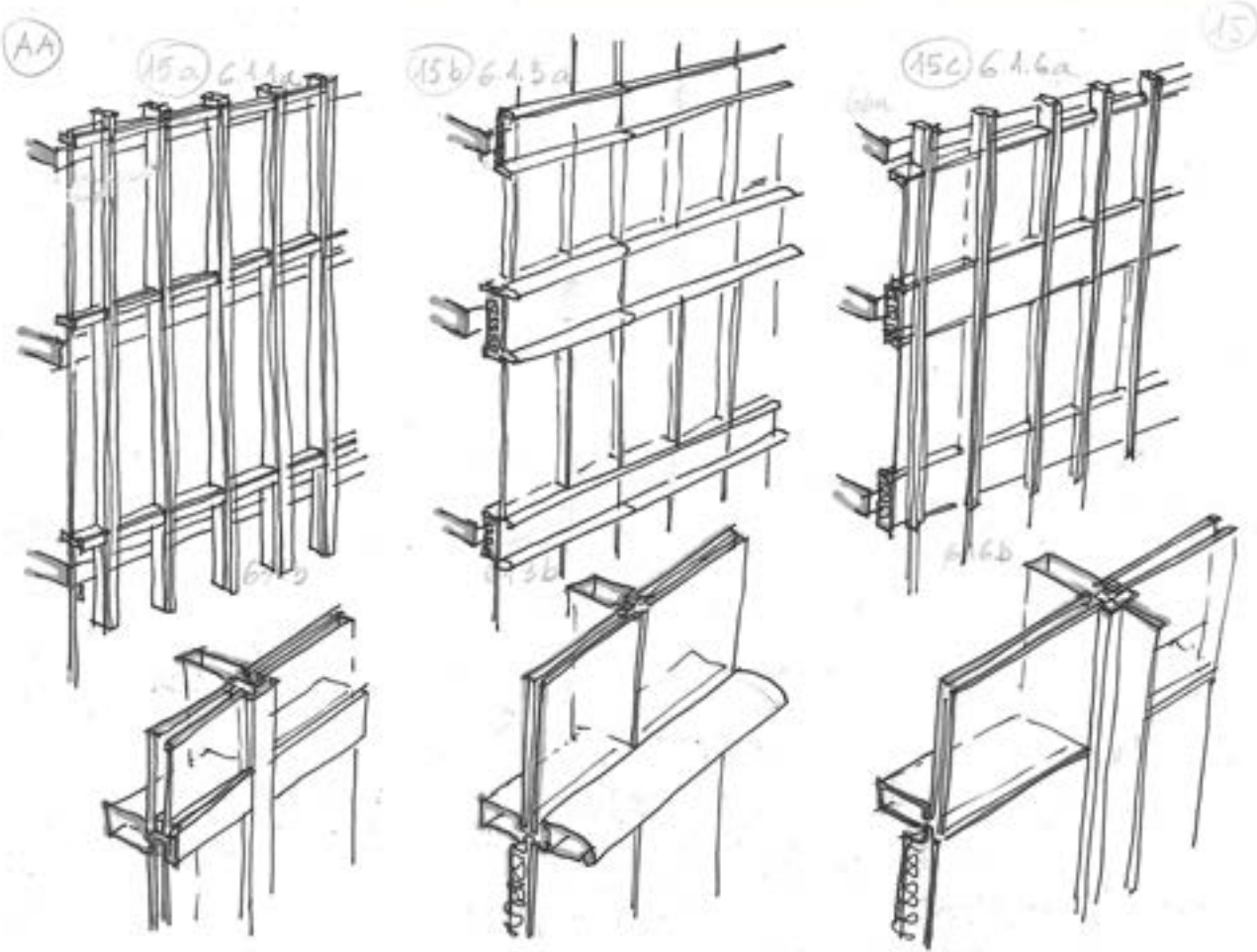
Encontramos un problema similar en arquitecturas en las que la geometría compleja es una variable importante, la continuidad de las juntas entre sistemas y sus componentes y la propia configuración de los canales de drenaje, tiene un grado de sofisticación mucho mayor que hay que contemplar desde el origen del planteamiento conceptual del cerramiento.

Sistemas de estanqueidad en fachada modular con junquillo exterior y el esquema inferior con vidrio pegado a marco con silicona estructural.

7.2.5. Luz, visión y energía

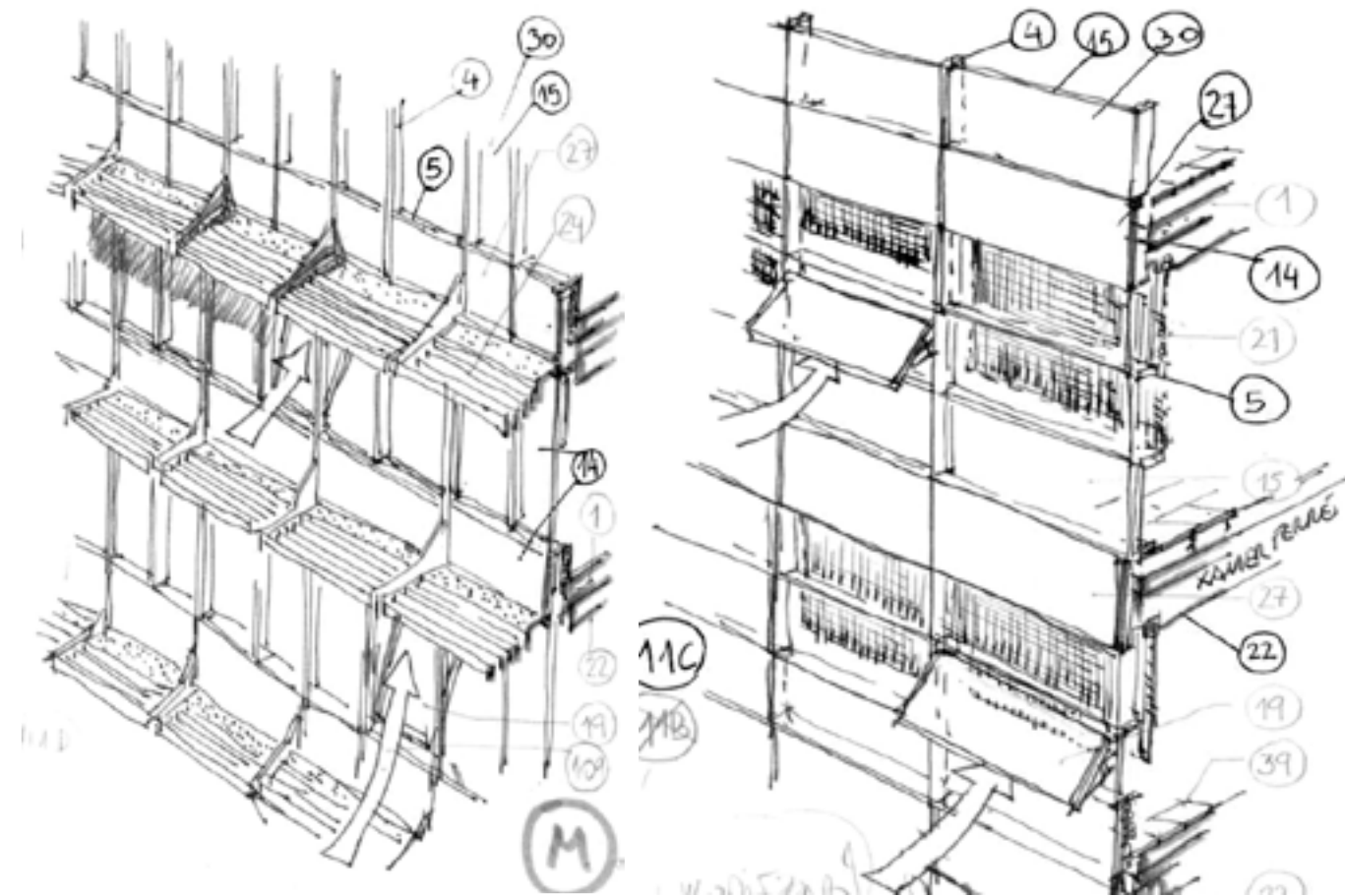
Desde el punto de vista de las prestaciones, la principal razón de ser del muro cortina es evidentemente aumentar al máximo la iluminación natural y la contemplación del paisaje, y desde sus inicios es la transparencia de este nuevo cerramiento la que justifica su empleo. El vidrio es tal vez uno de los materiales más tópicos y fascinantes de la arquitectura moderna, entre otras causa por que a través de la fachada se favorece un nuevo diálogo desde el interior con el exterior y viceversa. El vidrio ha dejado de ser estrictamente una línea delgada límite de espacios y se utiliza formando filtros y pieles, de capas reflectantes, de color, opacas, transparentes o translúcidas, para tamizar el paso de la luz, las vistas y la energía solar, dando a la vez la imagen más tecnológica de la obra.

E I



Esquemas de muro cortina con tapetas en vertical y horizontal.

primer problema derivado es que el cerramiento en la búsqueda de transparencia compromete el balance energético porque también es permeable a las radiaciones térmicas –como hemos visto- pero la transparencia luminosa también plantea otros problemas. Si en los diseños pioneros el objetivo de la luminosidad bastaba, hoy nos preocupan más las condiciones de bienestar: luz y visión tienen que ser reguladas.

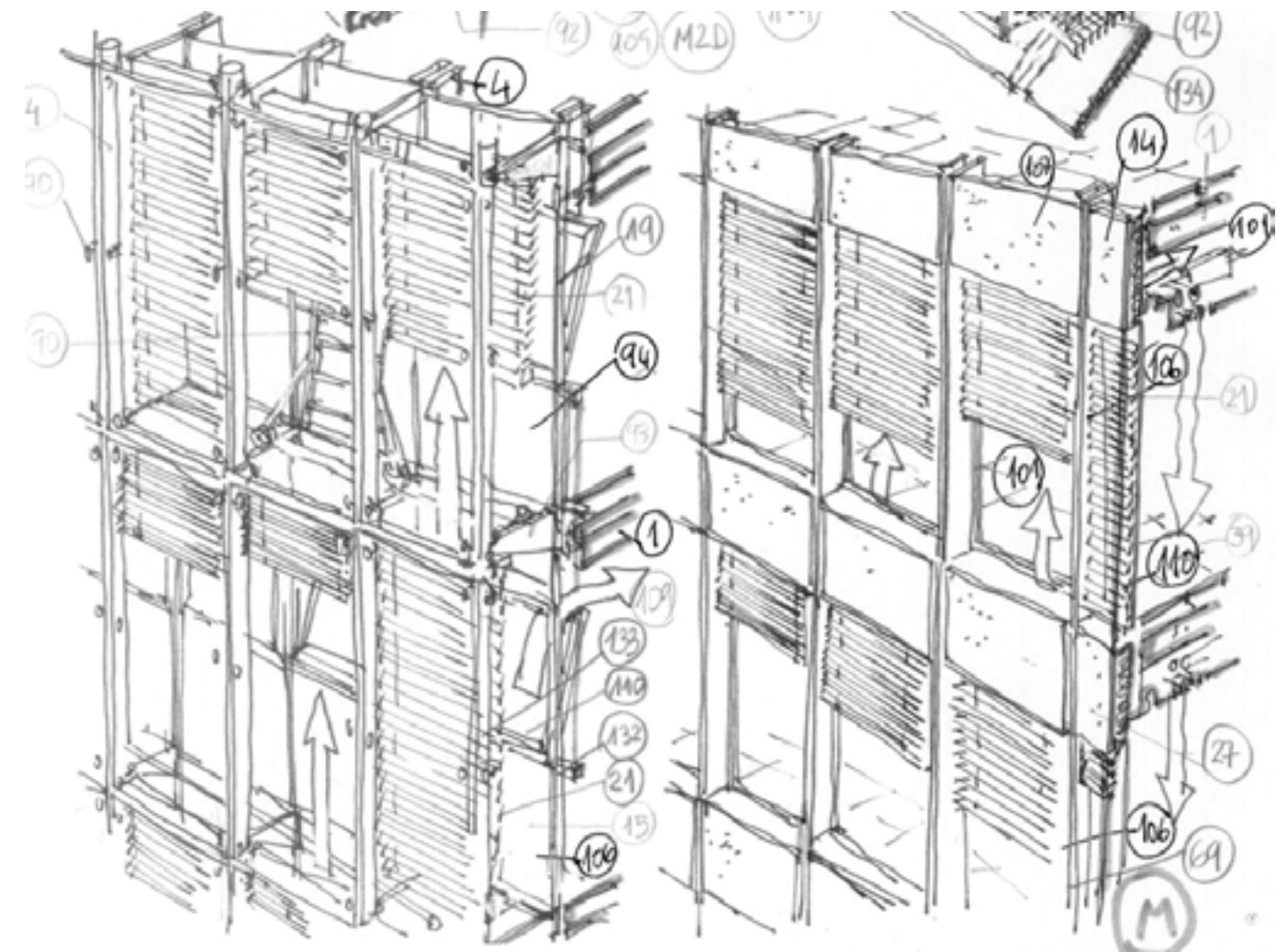
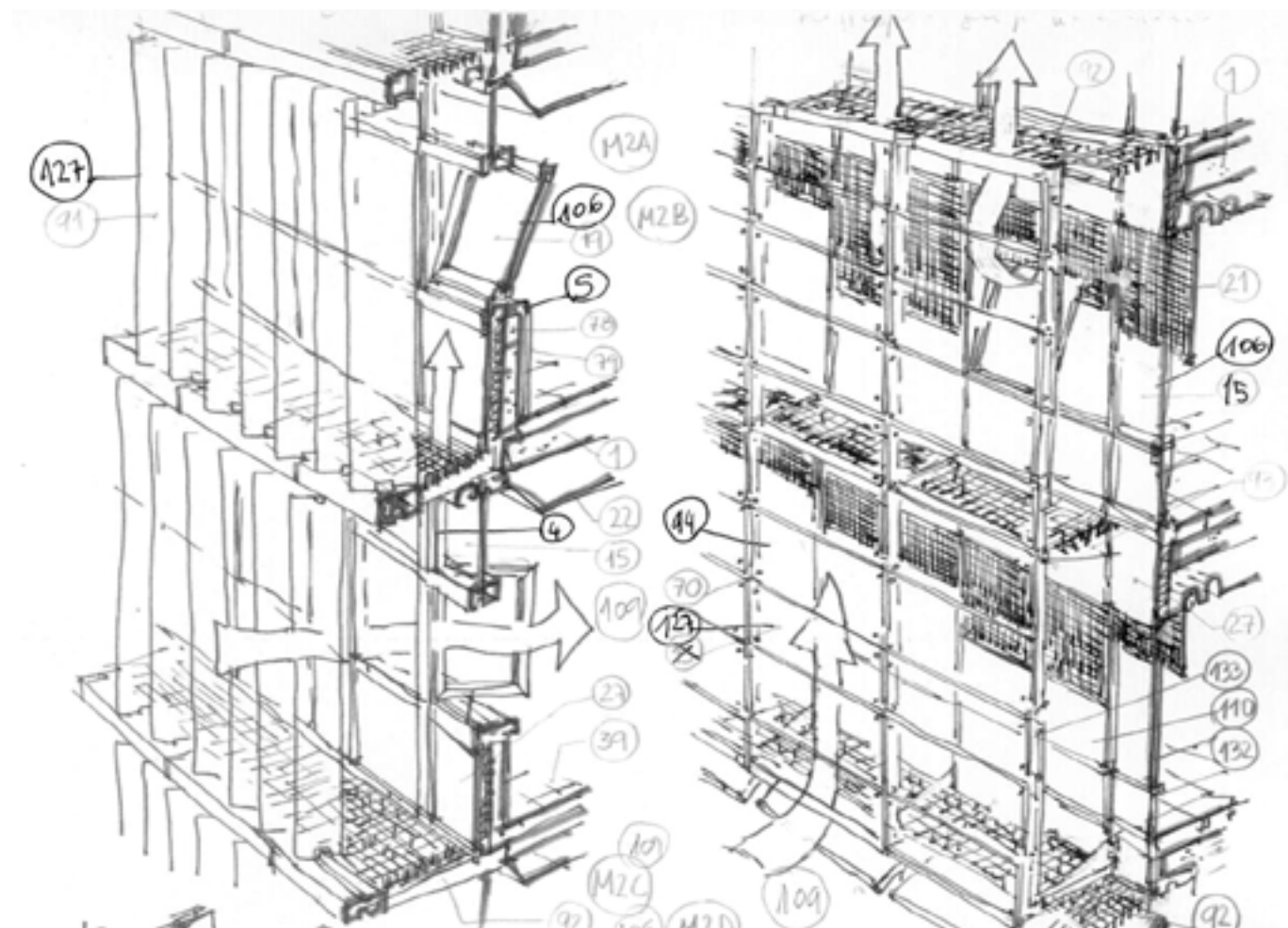


Un primer objetivo general sería lograr unas condiciones de iluminación uniformes en amplias zonas del edificio, o la minimización de la luz artificial, lo que implica una proporción razonable entre altura de fachada y fondo edificado.

A esta relación atienden característicamente los edificios del Movimiento Moderno, pero la construcción contemporánea ha superado ampliamente ese umbral, y en muchos edificios en altura la fachada acristalada es poco más que un horizonte para el usuario. Además, con el empleo de vidrios reflectantes y de control solar y de baja transmitancia el nivel de iluminancia óptimo se debe obtener casi exclusivamente con luz artificial.

También el confort que se obtiene con la luz natural debe ser considerado, ya que los brillos, contrastes deslumbramiento o luminosidad excesivos pueden ser perjudiciales para determinadas actividades. Son muchas las estrategias posibles para controlar las propiedades ópticas del cerramiento, tales como tratamientos superficiales del vidrio, parasoles o filtros en el exterior del plano de fachada o la incorporación de elementos opacos o traslúcidos en el interior que permitan una iluminación difusa y modulada.

6 imágenes de evolución y complejidad creciente del muro cortina a la fachada de doble piel.



En todo caso, los beneficios de la luz natural superan con mucho sus inconvenientes, y una adecuada planificación de su combinación con la artificial nos permitirá ahorrar energía y conseguir que el usuario pueda participar y manipular el ambiente, las vistas del entorno y desde el entorno, de día o de noche o a lo largo del año. Este será un claro exponente de la calidad de la obra.

Cuando tratamos la luz natural como otro material de arquitectura, hemos de considerar las transformaciones que se producen al atravesar los diferentes filtros que componen la fachada, siendo importante controlar la forma y el color de la sombra, la reflexión y su evolución a lo largo del día. Si bien el control solar lo confiamos a todo tipo de accesorios fijos o móviles y las capas de los acristalamientos que funcionan correctamente por separado cuando los integramos en la solución técnica de la fachada, se producen normalmente interacciones que hay que tener en cuenta para evitar los efectos perversos.

Las distorsiones ópticas debidas a la reflexión o a la nitidez de la visión de las diferentes pieles, puede dar efectos de discomfort muy importantes, especialmente con la aplicación de triples acristalamientos. Es por ello fundamental comprobar mediante la construcción de los prototipos, la calidad de la visión a través de la fachada.

A pesar de la tendencia actual de utilizar vidrios de baja reflexión luminosa, poco reflectantes y aspecto neutro, que definen en buena medida el aspecto exterior del edificio pocas veces se considera la reflexión como un problema de habitabilidad desde el interior, cuando en determinados momentos, hay más intensidad de luz en el ámbito interior que en el exterior, y por tanto dicho fenómeno que es “reversible” impide la visión del exterior durante buena parte del día.

Es evidente que hay que considerar las fachadas como un elemento determinante en el balance energético de un edificio, porque es el lugar a través del cual se producen los principales intercambios. Lo son en cualquier cerramiento y más en el caso que nos ocupa, por su carácter ligero y “activo” derivado de la transparencia de sus vidrios y a las proporciones de los elementos opacos aislantes. Las ganancias y pérdidas de calor no pueden evaluarse en su valor absoluto sino que, como veremos más adelante, debe ser en relación a la localización del edificio, orientación, forma, tamaño, uso etc.

El balance energético de un edificio, debe hacerse integrando las ganancias y pérdidas por transmisión y radiación, evaluadas por fachadas y a lo largo del año, de tal forma que se puedan separar las épocas de calefacción y las de refrigeración en las que varía el signo de las aportaciones, siendo en nuestras latitudes la situación más frecuente y más crítica la del calentamiento excesivo que se produce en periodo estival.

En primer lugar, los cerramientos ligeros como por ejemplo el muro cortina suelen requerir un alto aislamiento por conducción y por transmisión. Esto, que en los primeros diseños fue un aspecto crítico que implicó importantes fracasos en cuanto al balance energético

Diseño tecnológico de la fachada ligera.

Capítulo 7

global, está hoy prácticamente resuelto con los diferentes tipos de vidrios selectivos y los sistemas de perfiles con rotura de puente térmico reforzado, así como con la configuración adicional de todo tipo de accesorios.

En un cerramiento con vidrios es clave considerar los valores característicos, que deben estar armonizados según las normas europeas EN-410 para las características espectrofotométricas y EN-673 para la determinación de la transmitancia térmica, U (W/m²).

Las prestaciones a determinar en la prescripción de un vidrio son:

Propiedades lumínicas:

TL: Transmisión Luminosa

RLe: Reflexión Luminosa exterior

RLi: Reflexión Luminosa interior

Propiedades energéticas:

TE: Transmisión Energética

REe: Transmisión Energética exterior

REi: Transmisión Energética interior

AE1: Absorción energética del vidrio exterior

Radiación Ultravioleta:

TUV: Transmisión Ultravioleta

Protección solar:

g: Factor Solar

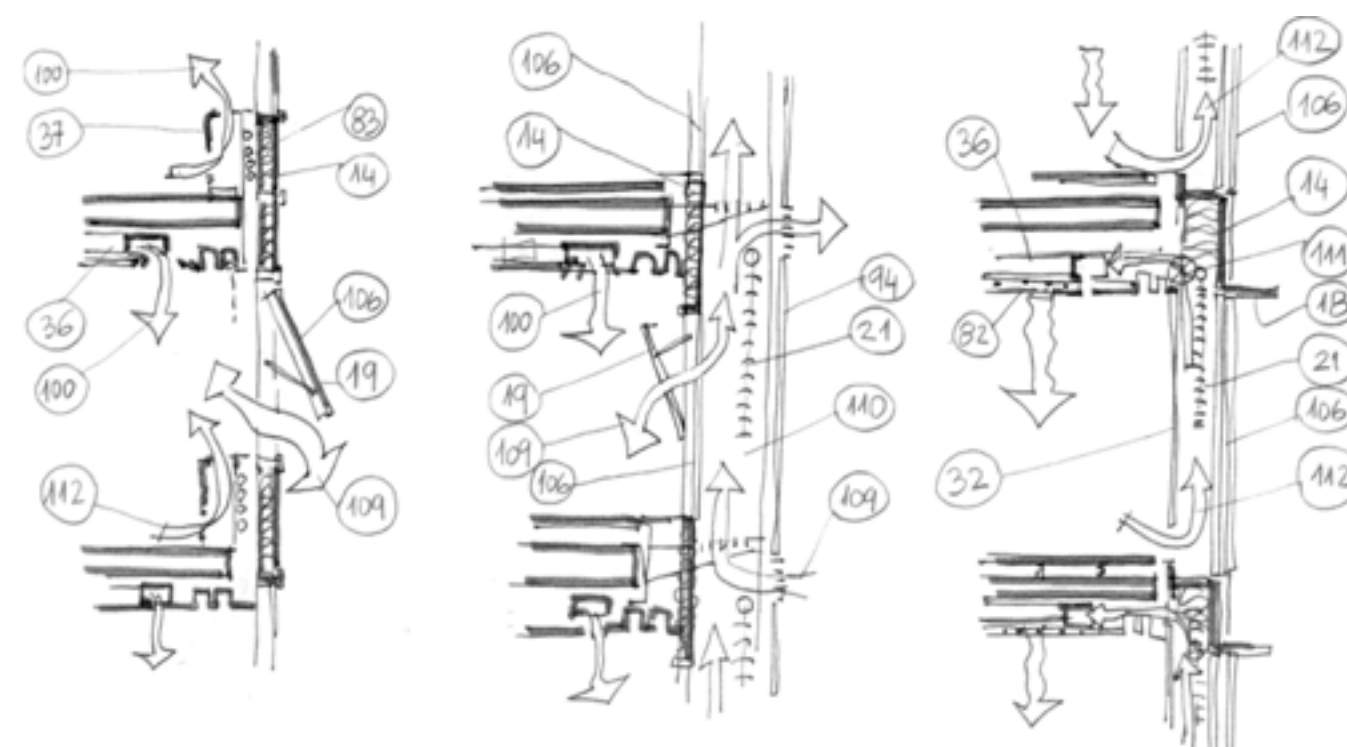
SC: Coeficiente de sombra

Aislamiento térmico:

U: Transmitancia térmica

e: Emisividad de la capa en cara #

Intercambios a través de muro cortina convencional, fachada multifuncional y fachada multipiel compacta.



Los valores y prestaciones que se pueden obtener con las capas disponibles en el mercado son muy similares, podemos compararlas en las fichas técnicas de los fabricantes más reconocidos a nivel mundial como AGC, Ariño-Duglass, Guardian, Pilkington o Saint-Gobain. Por ello hay que centrarse en los valores fundamentales de capas de control solar y baja emisividad, Factor Solar, Transmisión Luminosa y el valor U con respecto a la energía y la reflexión como parámetro que define el aspecto y la habitabilidad. FS, TL, U y RE, nos darán las características del tipo de vidrio aislante que hay que integrar en los cálculos del comportamiento energético del edificio y en la estrategia de la climatización.

La tecnología de hoy para fabricación del vidrio ofrece gamas de capas que ensamblados en doble o triple acristalamiento tiene valores impensable hace unos años y los límites se superan continuamente. Si comparamos las capas, denominadas convencionales, las selectivas de aspecto neutro y poco reflectante y las de alta selectividad denominadas “extreme” podemos ver la evolución del vidrio a través de los índices de selectividad TL/FS son algunos de ellos alrededor de 2,3 inimaginables hace unos años.

Hacia el 1990

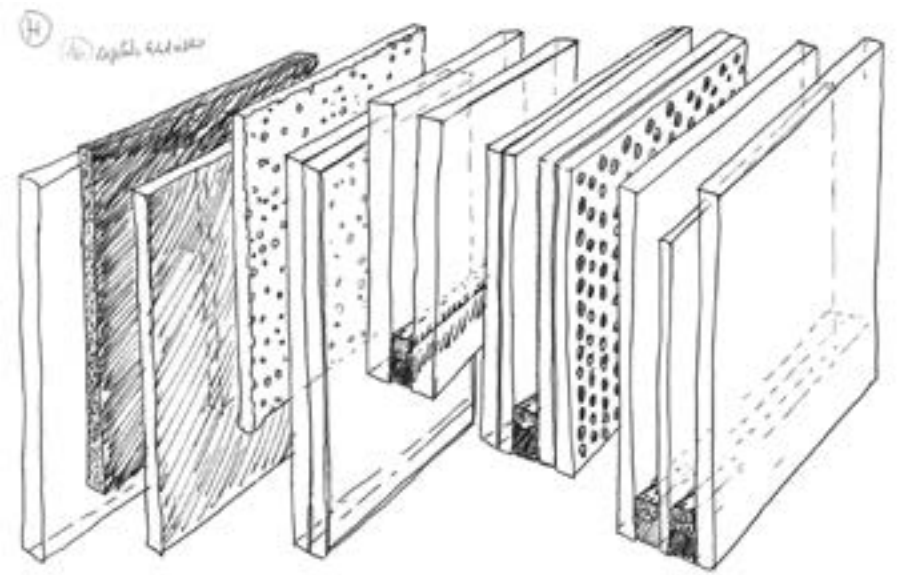
IS=1,36. Valores 49/36, Doble vidrio aislante con capa reflectante convencional.

Hacia el 1997

IS=1,68. Valores 69/41, Doble vidrio aislante con capas reflectantes selectivas.

Hacia el 2010

IS=2,27. Valores 50/22. Doble vidrio aislante con capas reflectantes de alta selectividad “extreme”.



Esquema de diferentes composiciones de acristalamiento.

En cuanto al valor U también son comerciales y cada vez más asequibles económicamente composiciones de triple acristalamiento aislante que combinan gases nobles como el argón y dobles capas de baja emisividad, que en su conjunto llegan a transmitancia térmicas por debajo de $U=0,6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Comparando los valores U de varias composiciones también podemos ver la evolución de la capacidad aislante del vidrio:

$U=5,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Vidrio Monolítico.

$U=2,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Doble acristalamiento sin capa o con capa reflectante convencional.

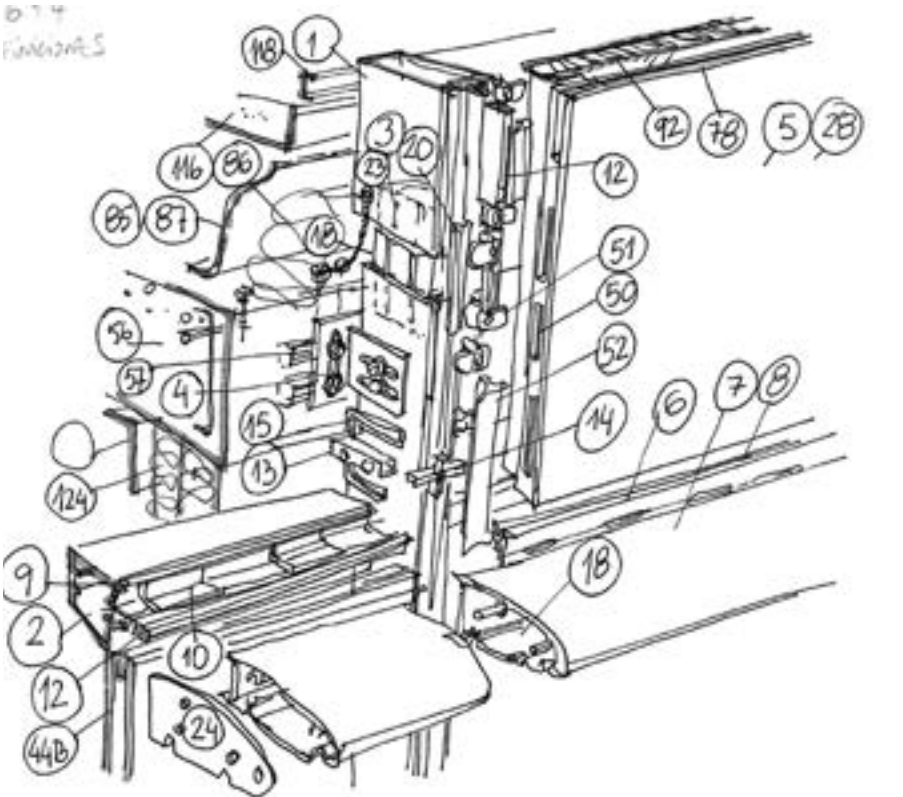
$U=1,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Doble acristalamiento con capa Low-e o con capas selectivas.

$U=1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Doble acristalamiento con capa Low-e o con capas selectivas con argón en la cámara.

$U=1,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Triple acristalamiento con capa Low-e o con capas selectivas.

$U=0,6 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Triple acristalamiento con doble capa Low-e con argón en la cámara.

El vidrio no es el único componente del muro cortina que puede controlar las pérdidas o ganancias energéticas, y es notable la incidencia de los paneles aislantes, de la perfilería y evidentemente las combinaciones de aleros, pasarelas, lamas y tejidos de control solar que se incorporen en soluciones complejas. Lo que podría parecer que el problema del aislamiento está resuelto con los vidrios aislantes mejorados.



Esquema de componentes del Muro Cortina.

Además, el problema de reducir las pérdidas de calor por conducción resulta hoy secundario en el espacio del trabajo, debido al aumento generalizado de las aportaciones de energía desde el interior del edificio, con la luz artificial, los equipos informáticos, las máquinas y la ocupación por las personas.

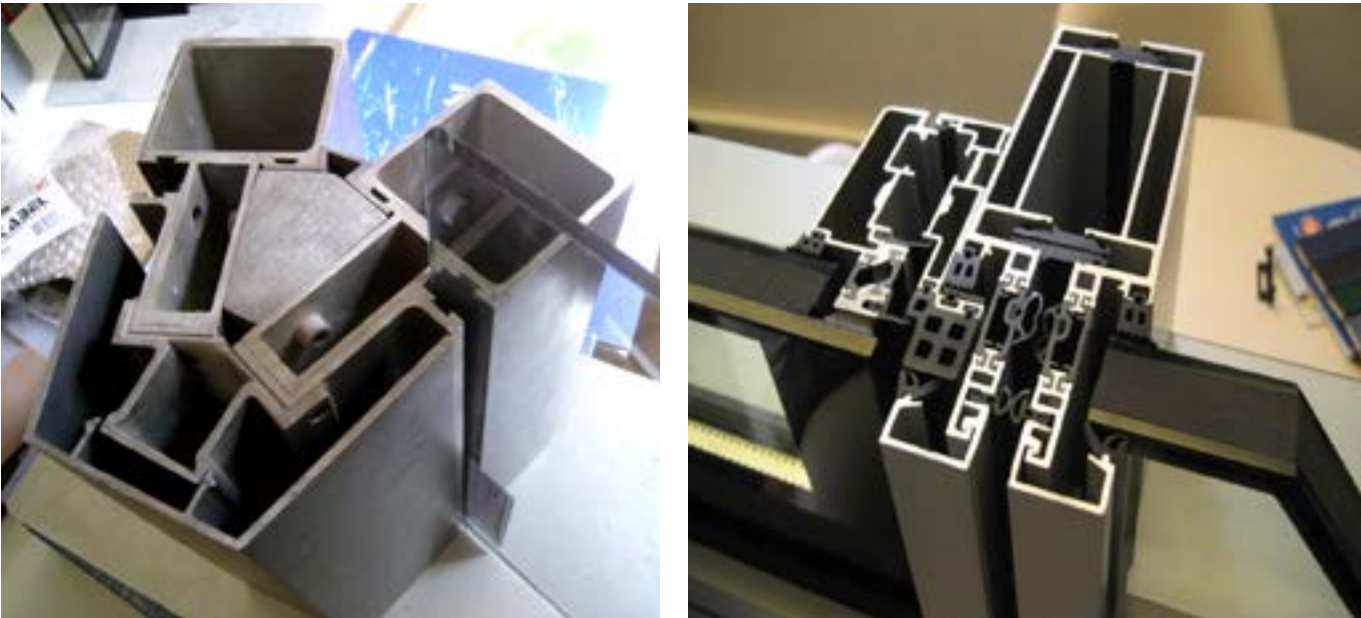
El tema más determinante va a ser su comportamiento ante la energía radiada, solar principalmente. Debido al predominio de la superficie acristalada sobre la opaca, el efecto invernadero se manifiesta con una escala inusual, y el edificio se convierte en un acumulador de calor debido a la radiación solar directa, especialmente si las variables comentadas en este mismo capítulo no se tratan adecuadamente.

Dependiendo del edificio, en algunos climas y épocas del año este efecto puede ser aprovechado o provocado para generar calor, que podemos acumular en los elementos masivos de la construcción (muros y forjados sobretodo), incorporar al flujo de renovación y tratamiento del aire, o conducir voluntariamente a otras zonas del edificio. Pero el aspecto dominante en el diseño suele ser el minimizar esta aportación térmica.

Las defensas que el muro cortina tiene respecto a este problema serán una orientación adecuada, el empleo de un vidrio opaco a las radiaciones térmicas de origen solar o el recurso a sistemas diferenciados de protección solar. Normalmente recurriremos simultáneamente a todos estos mecanismos.

Los vidrios absorbentes y reflectantes, como hemos explicado en esta capítulo, pueden reducir las ganancias de calor por radiación, con coeficientes que en el origen eran casi lineales entre factor solar y transmisión luminosa, es decir tanto como reducían la luminosidad, reducían la transmisión al interior de la energía incidente.

Modelos de los componentes del Muro cortina del Banco Atlantico 1967 y Muro cortina Modular de la Sede de Cuatrecasas 2017.



Hoy la industria del vidrio dispone de técnicas de aplicación de capas selectivas y capas extremas que tienen permeabilidad diferenciada a las longitudes de onda, de modo que pueden ser más transparentes a las radiaciones luminosas que térmicas, llegando a sobrepasar valores del doble de una respecto de la otra.

Los sistemas de protección clásicos están en el interior del edificio, ligeras cortinas o lamas de diversos materiales cuya eficacia es muy limitada, pues no evitan la trampa térmica. Estuvieron muy generalizados cuando el único recurso era la climatización y la solución era válida forzando la potencia del sistema de refrigeración.

A pesar de todo, no pudiendo reducir la energía térmica incidente sobre la fachada, hay que buscar diferentes combinaciones que ofrezcan una verdadera protección solar en el exterior del cerramiento, normalmente proyectando sombras sobre el vidrio y acumulando calor para disiparlo al ambiente: las ganancias por insolación del vidrio expuesto (radiación directa) son hasta diez veces mayores que en el vidrio en sombra (radiación difusa). El problema de diseño es complicado, por las interferencias que crea con la visión, y las posibles variantes que veremos en este trabajo respondiendo a los diferentes lugares, orientaciones, geometrías y configuraciones que se van definiendo en el proceso de proyecto.

Sede RACC.
Barcelona.
Muro Cortina con silicona Estructural..
Batlle & Roig 1995



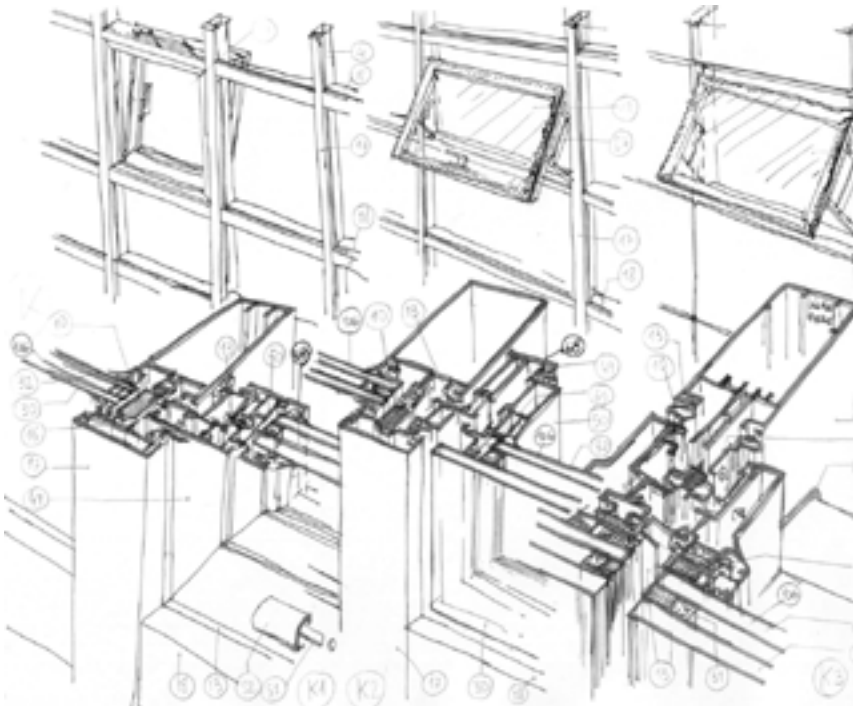
7.2.6. Ventilación

Uno de los mayores exponentes de calidad y de confort para el usuario es su capacidad de intervención en los elementos de control ambiental, como la luz, la temperatura y la calidad del aire. El funcionamiento de la climatización apunta hacia sistemas más flexibles y regulables por el usuario, y en todo caso a un uso responsable del edificio pero la ventilación natural ocasional desequilibra el sistema de acondicionamiento y la solución inmediata es evitar el problema.

Sin embargo a pesar de la dificultad de las estrategias comunes de fachada e instalaciones, la incorporación de sistemas de ventilación a través de las típicas aberturas o de sistemas más sofisticados como pueden ser los aireadores se proyectan con mayor frecuencia. Las fachadas ligeras y especialmente las tipologías de muro cortina, son envolventes utilizadas mucho más allá de los edificios de oficinas que tienen exigencias de habitabilidad mucho mayores que los estándar de edificios administrativos. Las escuelas, hospitales, hoteles, etc. necesitan la integración de elementos que han de permitir el contacto directo con el aire exterior por diversas cuestiones como las higiénicas o las de ahorro energético.

Por otra parte, en respuesta a determinadas normativas de seguridad en caso de incendio son preceptivos los practicables integrados en los sistemas de fachada, para acceso de bomberos a través del cerramiento o de “desemfumage” para la evacuación de humos en caso de incendio.

Como consecuencia de la asociación de la climatización con los primeros muros cortina, predominó la tendencia a construirlos sin elementos practicables. En nuestras latitudes, con una climatología benigna en largos períodos del año y con menores dotaciones económicas, la solución constructiva pudo ser viable sin una instalación de aire acondicionado, confiando exclusivamente la renovación de aire a las ventanas de la fachada.



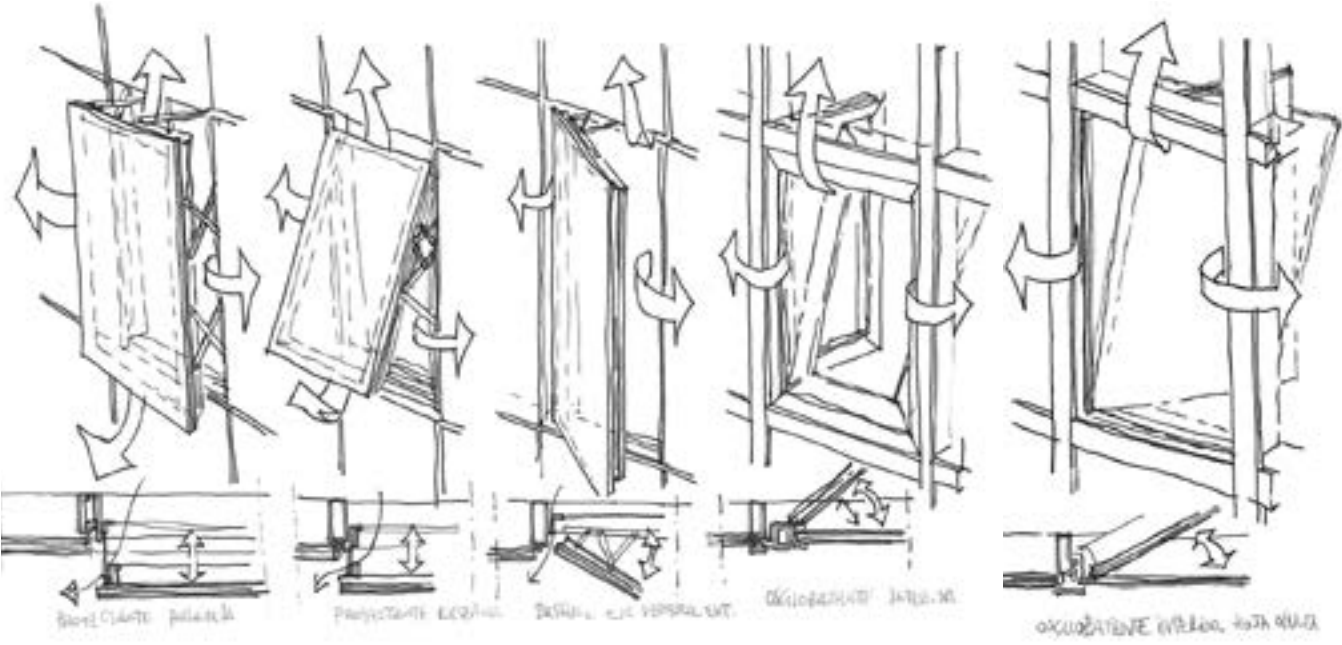
Esquemas de integración de elementos practicables en muro cortina y opciones de maniobra.

Posteriormente los requisitos de confort en edificios de oficinas supusieron la aparición de gran cantidad de aparatos individuales adosados a la fachada y que aún hoy se muestran como recurso a un problema mal planteado y peor resuelto.

Los elementos practicables plantean problemas técnicos y formales de difícil solución: lograr elementos suspendidos de apenas con dos herrajes, con juntas estancas al aire y al agua, que sean móviles, exige perfiles más complejos, que necesariamente tienden a aumentar de sección, rompiendo la continuidad de la retícula normalmente con los perfiles de marco y hoja. En el inicio la gran mayoría de los sistemas comerciales incorporaron elementos batientes, que evolucionaron de forma independiente y se incorporaban al conjunto, con grandes dificultades de integración en la fachada.

Desde la aparición de la carpintería de acero se estudiaron muchas soluciones bien interesantes, especialmente aquellas menos intrusivas, como las correderas, de guillotina, pivotantes o basculantes, y muchos arquitectos modernos patentaron ventanas de este tipo con escuadrías mínimas. Con las extrusiones de aluminio se difundieron perfilierías de secciones siempre crecientes, primando la estanqueidad o la ligereza sobre otros aspectos. En todo caso, rara vez se plantearon como componentes de un muro cortina integral.

Hoy esta tendencia se ha corregido por la insistencia en lograr la ventilación natural controlada por el usuario. En consecuencia, los sistemas van incorporando batientes, generalmente deslizo-proyectantes hacia el exterior, con perfiles compatibles con los de la retícula del muro cortina ya sea modular o “Stick”, con herrajes incorporados de accionamiento manual o motorizado, de apertura o cierre a voluntad. En ocasiones las fachadas y lucernarios equipan sistemas de control automático para su maniobra en caso de fuertes vientos, de lluvia que son de uso común para ventilación higiénica natural, de confort, de evacuación de humos o de ahorro energético.



Esquemas de integración de elementos practicables en muro cortina y opciones de maniobra.

Los sistemas utilizados incluso en edificios en altura, son ventanas con apertura hacia el exterior de eje vertical desplazado o proyectantes que con las perfilerías ocultas y los vidrios decalados pegados a la hoja con silicona estructural, son imperceptibles desde el exterior, no afectando la composición del cerramiento. Por su mayor seguridad y estabilidad, así como por la superficie de ventilación por unidad de ventana, también es frecuente la utilización de perfiles con hojas de desplazamiento paralelo al plano de la fachada y herrajes de pantógrafo.

7.2.7. Aislamiento Acústico

En el diseño de cerramientos ligeros el problema de diseño acústico dominante suele ser el aislamiento con el exterior, ya que su poco peso y la abundancia de juntas dificultan el lograr los niveles de aislamiento del interior, habituales con cerramientos tradicionales.

En todo caso, con los vidrios dimensionados para resistir las cargas de viento y los sellados estancos de juntas se alcanzan valores medios de 30 dBA que no son aceptables en la mayoría de los casos con los criterios del CTE. Mejorar las prestaciones acústicas requiere siempre vidrios especiales con la aplicación laminados con los denominados butirales acústicos, reconsiderar la contribución de los elementos opacos, un minucioso análisis de las juntas entre los elementos que conforma el hueco o el global de la fachada. Un incremento claro del aislamiento implica un diseño de otro tipo, por ejemplo un cerramiento de doble hoja, en la que se produce un sensible incremento de la masa interpuesta y aparecen nuevos elementos de control como la cámara de aire entre pieles.

Un problema de gran importancia es la independencia sonora entre plantas sucesivas, cuando el cerramiento discurre suspendido por delante del cerramiento, un problema que no es solo acústico a través de los perfiles tubulares, pues se relaciona el aislamiento entre plantas con la independencia a efectos térmicos y de transmisión del fuego. El problema debe analizarse simultáneamente con los demás aspectos que confluyen en este punto, para establecer una barrera eficaz. La dificultad estriba, no solo por la continuidad del cerramiento en el plano vertical y horizontal, sino porque en este punto están los anclajes, los elementos de los cortafuegos y algunos componentes de las instalaciones que producen interferencias en la continuidad de las barreras acústicas.

En muchos edificios clásicos el problema se obvia, limitando la barrera a un cubrejunta de escasa entidad. Una independencia real, sin prolongar el forjado hasta el exterior, requiere normalmente considerar el sellado entre el panel de antepecho y los diferentes elementos que conforman el plano horizontal (forjado, cielorraso, suelo elevado, etc.), así como el peto si existe.

En general el problema del confort asociado al ruido es cada vez más común en edificios residenciales, hospitalarios, hoteles, oficinas de alta calidad, en las que la transmisión no sólo es en el plano vertical de la fachada, interior-exterior, sino que hay que considerarlos

simultáneamente como un problema integral en el encuentro con el forjado que se ha descrito y con las divisiones entre habitaciones o unidades.

Un problema típico de las discontinuidades de las juntas son el caso de las fachadas ventiladas en las que la interfaz entre elementos cuyas prestaciones se pueden testar en laboratorio y otros que son inventos de cada proyecto. Es decir nos hemos de referir a las juntas, siempre menos masivas, entre la ventana o el muro cortina y la hoja interior. Las láminas que han de servir para asegurar la estanqueidad al agua y al aire pueden ser suficientes para ese cometido pero para el cierre acústico que necesita de elementos complementarios.

Las prestaciones de atenuación acústica de las soluciones constructivas son fácilmente comprobables mediante ensayos que son fiables solo una vez terminada la obra, cuando la reparación es más compleja, por no decir inviable. Los valores que se facilitan de catálogo en los componentes siempre tiene un margen de ± 2 dBA, a los que hay que añadir otro tanto por los sistemas de montaje y por tanto el análisis y determinación de las exigencias, ya sean normativas o impuestas, ha de determinar las soluciones factibles desde el inicio del proyecto para poder verificar la correcta ejecución.

7.2.8. La energía

La fachada caracteriza y referencia la mayoría de los edificios que se construyen, es por eso que los arquitectos tratan de singularizar sus proyectos, intentando que la imagen mostrada a través de la fachada sea única y que además exprese la calidad y la imagen del propio edificio, de las personas y de las instituciones que lo ocupan.

Hay infinitas combinaciones posibles de capas y pieles de todo tipo de materiales ligeros que se incorporan al mundo de la arquitectura para resolver la construcción de formas y geometrías crecientemente sofisticadas, sin considerar cuestiones tan elementales como el uso, la viabilidad real de su construcción, el confort del usuario o la eficiencia energética.

Sabemos que el balance energético de un edificio tiene que ver, por una parte con la capacidad de generar y por otra la necesidad de consumir energía cuando está en servicio, por tanto, el rendimiento de los sistemas de envolvente es fundamental para la eficiencia global de la obra.

Para darnos cuenta de la importancia de la fachada en relación con el balance energético, basta considerar los criterios básicos para la evaluación su demanda:

1. Calefacción

2. Refrigeración

3. Iluminación funcional

3.1. Natural

3.2. Artificial

4. Servicios generales

4.1. Ascensores

4.2. Seguridad

4.3. Iluminación monumental y rotulación

4.4. Áreas comunes

4.5. Agua caliente sanitaria, extracciones etc...

5. Producción de energía

5.1. Fachadas

5.2. Cubiertas

5.3. Marquesinas, Umbráculos.

Estos cinco parámetros definen el consumo energético del edificio y dependen directamente de las envolventes. Los principales intercambios de energía se producen a través de las fachadas y cubiertas, por ello el concepto general de los cerramientos y la solución técnica adecuada a cada caso concreto es fundamental para optimizar los consumos. De la concepción de las fachadas dependen entre otras cuestiones el factor solar, la transmisión luminosa, el aislamiento, las ventilaciones, el control de la luz y del sol o de las sombras, además de la incorporación de elementos de generación de energía.

Las envolventes arquitectónicas son combinaciones de materiales que separan o relacionan un interior con condiciones ambientales controladas y un exterior que muchas veces es hostil. Por tanto es necesario que estas membranas complejas interactúen de tal modo que cada una de ellas aporte al conjunto las prestaciones necesarias según los requisitos técnicos y formales.

Hay muchas arquitecturas basadas en agregaciones de sistemas que funcionan bien individualmente y no en su conjunto, por ello hay que utilizar los que permiten adaptarse con flexibilidad y funcionalidad a cada caso concreto para que los resultados se acerquen al límite de lo posible.

Las numerosas experiencias de los Estudios de Caso y otros ejemplos de este trabajo, pueden servir para analizar y mostrar como arquitecturas con grandes diferencias formales tienen envolventes conceptualmente muy similares y basan las estrategias energéticas en el uso de cerramientos acristalados convencionales, dobles pieles, fachadas ventiladas o agregaciones de elementos de control solar que fueron planteados desde el origen del proyecto para adaptarse con precisión al lugar.

Estrategias básicas para reducir la demanda energética de un edificio en marcha son por este orden:

A. Orientación

B. Geometría

C. Tipología de fachada

D. Porcentaje de elementos opacos y de visión

E. Características de los componentes

F. Accesorios

Uno de los factores más determinantes para el ahorro energético de un edificio es su adecuada **orientación** en relación con el entorno y la localización. Pero no siempre es posible elegir y adaptarse, muchas veces la planificación urbanística no tiene en cuenta este condicionante tan elemental y distribuye los volúmenes y fija los emplazamientos en función de otros criterios. En ocasiones la trama urbana de las ciudades es la que condiciona la posición de los edificios, por ello hay que definir soluciones técnicas capaces de mejorar el comportamiento energético del edificio y hacerlo adecuado al lugar. Los condicionantes del lugar pueden variar a lo largo del tiempo, es por ello importante conocer los planes urbanísticos y el desarrollo futuro, para en la medida de lo posible prever las interacciones entre las edificaciones cercanas, ya sea por el efecto de la sombra o de las reflexiones que pueden invalidar la estrategia derivada de la orientación.

Cuando hablamos de **geometría**, no sólo nos referimos al volumen general del edificio, la verticalidad e inclinación de sus planos y cubiertas, nos referimos también a sus secciones básicas, que han de definir la disposición de aleros y retranqueos, y la posición y dimensiones de los huecos. Por otra parte en la definición geométrica ligada al concepto energético del edificio, hay que considerar sin duda los patios, los lucernarios, los grandes espacios y la implantación y la forma de llegar a la cota cero para desarrollar la estrategia de ventilaciones y circulación de aire natural a través de ellos, que han de contribuir de manera notable en el balance energético.

Las diferentes **tipologías** de construcción ligera ofrecen un repertorio de soluciones con múltiples posibilidades para, en nuestras latitudes, reducir las aportaciones de energía solar y de calor en verano, sin olvidar que la radiación también es necesaria en invierno.



DHUBB.
Barcelona 22".
MBM Arquitectes. 2009-2014.

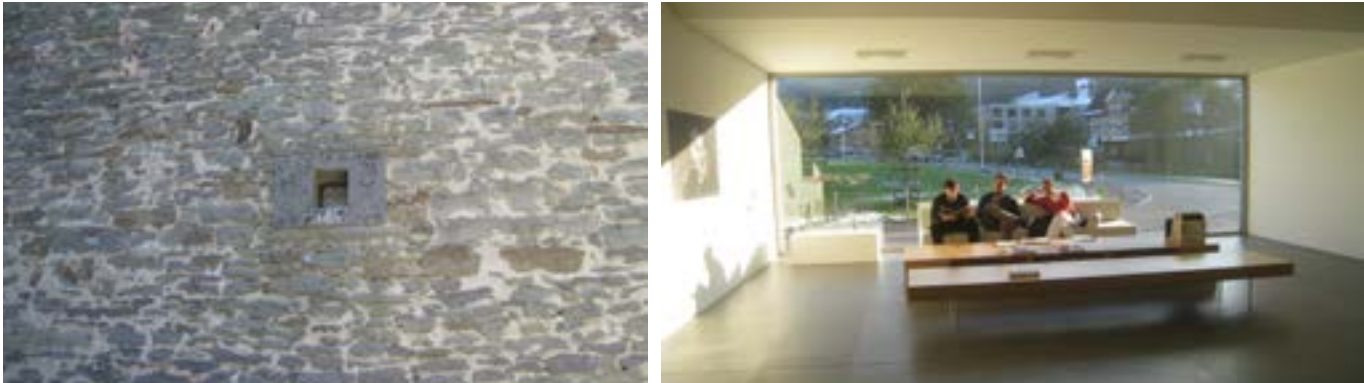
Las ventajas e inconvenientes de soluciones tipológicamente tan diferentes como la doble hoja, ya sea fachada trans-ventilada o doble piel, u otros tipos de cerramientos convencionales se tienen que plantear, valorar y coordinar con el planteamiento general de las instalaciones del edificio. Es muy frecuente que en la misma obra, considerando los dos parámetros anteriores, concluyamos que son necesarias diferentes soluciones técnicas para el mismo fin.

El paso siguiente es determinar las proporciones y porcentajes de las superficies de las **zonas de visión y zonas opacas**. Considerando que las primeras son, en general, la parte más débil desde el punto de vista del aislamiento térmico, ya sea por sus acristalamientos como por la retícula que los soporta, es clave considerar un correcto equilibrio entre las zonas de gran aislamiento y las zonas de débil protección térmica. Actualmente en Europa los niveles de aislamiento necesario para cumplir los reglamentos exigen paneles de cerca de 200mm de espesor, a los que hay que añadir el canal de aire y el sistema de fachada trans-ventilada, y por supuesto la hoja interior. De esta forma se recuperan espesores totales del cerramiento cercanos a los 350mm, algo a evitar en los planteamientos de la construcción ligera. En una primera aproximación las superficies máximas de acristalamiento son de alrededor de un 60%, aunque cuando los requisitos de aislamiento técnico para conseguir algún sello como ocurre en Torre Astro de Bruselas, se invierte esta relación dejando el edificio con un 60% de superficie opaca de alto aislamiento y un 40% de zonas de visión acristaladas.

Derivado del punto anterior debemos fijar las **características** de las partes que nos permitirán la configuración del alzado de proyecto. En países muy cercanos como Francia, Andorra o Bélgica, como podemos observar en los casos explicados en esta Tesis, es constante el incremento de la exigencia para cumplir con los requisitos energéticos. Ya es imprescindible el uso de triples acristalamientos con baja emisividad con Valor-U por debajo de $0.9\text{W/m}^2\text{°C}$, y como acabamos de explicar, paquetes de aislamiento de más de 20cm incorporados en los paneles de los muros cortina para conseguir valores cercanos a $0,1\text{ W/m}^2\text{°C}$.

Al final de este proceso ordenado es muy posible que sea necesaria la utilización de todo tipo de **accesorios** para reducir o permitir la radiación solar, de ventilar o no, en función de la época del año, de la orientación y del resto de parámetros descritos anteriormente. Los sistemas de lamas, parasoles, aleros, pasarelas etc. fijas o móviles, de

Ventana en construcción medieval.
Rupit, Barcelona.
Museum Liner.
Appenzel, Swiza.
Gigon Guyer Architekten. 2015.



accionamiento manual o motorizado, individual o centralizado, han de permitir la llegada de la máxima cantidad de luz natural con las mínimas distorsiones al interior del edificio. A su vez han de cumplir su función como verdadero escudo térmico. La realidad es que desde el punto de vista del proceso de proyecto los accesorios son el verdadero motor de la configuración de la imagen.

Una entrada habitual en los planteamientos iniciales del proyecto es tratar indiscriminadamente del material de los mecanismos de protección solar, siendo más importante el material y la forma si es de chapa, o de cerámica, el color o la textura que las consecuencias de dichos dispositivos en la estrategia general del edificio. Las soluciones deberían contemplar los efectos de combinar las estrategias anteriores aplicadas racionalmente en las diferentes partes del edificio, para evitar el error común de abordar el ahorro energético solamente a través de los accesorios.

El sentido común es imprescindible, aunque no es suficiente, en la actualidad hay que demostrar numéricamente la idoneidad de las soluciones y con ello reducir la incertidumbre de las propuestas singulares. Para redondear el proceso cuando el edificio entra en servicio, convendría monitorizarlo para comprobar los resultados y revisar los programas de cálculo para ir ajustando su precisión y fiabilidad.

Todo lo anterior se ha de plantear con croquis de los esquemas generales del funcionamiento de las diferentes opciones para organizar las claves de la estrategia de control energético de las envolventes y del edificio. Hay tratar paralelamente los sistemas constructivos y los de control energético través de los que se puede entender claramente la aportación de cada uno de los elementos y su disposición a la vez que se ordenan el aislamiento, la protección solar, las ventilaciones, el funcionamiento del canal de aire resultante entre pieles, la fuerza de conducción del aire, su procedencia y destino o sencillamente a la compartimentación de dicho canal.

Edificio post-Expo Zaragoza.
Zaragoza.
Estudio lamela 2008.



En las imágenes y croquis de la selección de obras podemos apreciar las múltiples permutaciones de los componentes y materiales de las fachadas y comprender su planteamiento estratégico y constructivo con continuas aproximaciones y cambios de escala en las que definir la tecnología de fabricación y soporte de los vidrios dispuestos en la piel interior o en la exterior, vidrios de visión de altas prestaciones de control solar y de alta transmisión luminosa, los aireadores o ventanas convencionales para ventilación natural. Los sistemas de acoplamiento en los muros cortina, su sistema de construcción modular prefabricada o “stick” constructivamente diferente, lamas para control solar horizontales o verticales, su formato y sección, el material aluminio, acero, cobre, cerámica, en forma de plancha o malla, etc...

La tendencia actual es la optimización de los sistemas y la mejora constante de las prestaciones de los componentes y de los sistemas, en consecuencia también de los edificios a los que dan forma. En el futuro inmediato los denominados HPB, “high performance buildings” necesitarán soluciones constructivas adecuadas a los conceptos de fachada, utilizando materiales más sofisticados y que en su conjunto mejorarán la seguridad, la durabilidad, la fiabilidad, la habitabilidad y que obviamente los harán más eficientes energéticamente.

Para ello son determinantes el conocimiento práctico de los procedimientos industriales, la fabricación de materiales y sus posibilidades de transformación junto con el conocimiento básico de las técnicas de construcción, para hacer posible casi todos los planteamientos determinados en los objetivos del proyecto.



Sede RBA.
Barcelona 22".
MBM Arquitectes. 2007-2008.

7.2.9. Fuego.

La seguridad contra el fuego tiene una incidencia cada día más importante en el diseño de los edificios sea cual sea su uso, y es prioritario establecer desde el comienzo del proyecto una estrategia global de protección, en la que el cerramiento ocupa un papel determinante. Es frecuente que la adecuación a las normativas de protección llegue a invalidar los diseños si no se han considerado desde el comienzo.

En los últimos años las normativas a aplicar desde la NBE-CPI 82, la NBE-CPI-91 y la vigente del CTE DB-SI, son cada vez más restrictivas y las zonas a tratar así como el grado de protección han aumentado llegando a imponer un esquema de alzados que viene gobernado por la ocultación de los complejos sistemas y materiales que se deben emplear para una correcta solución.

En nuestro entorno son numerosas las normativas, reglamentos, y ordenanzas de diferentes organismos que hay que considerar para la validación de una solución. Además en la decisión se deben combinar seis o siete criterios raramente coincidentes que hacen muy difícil no aplicar una solución “estándar” fuera del esquema de las normativas vigentes.

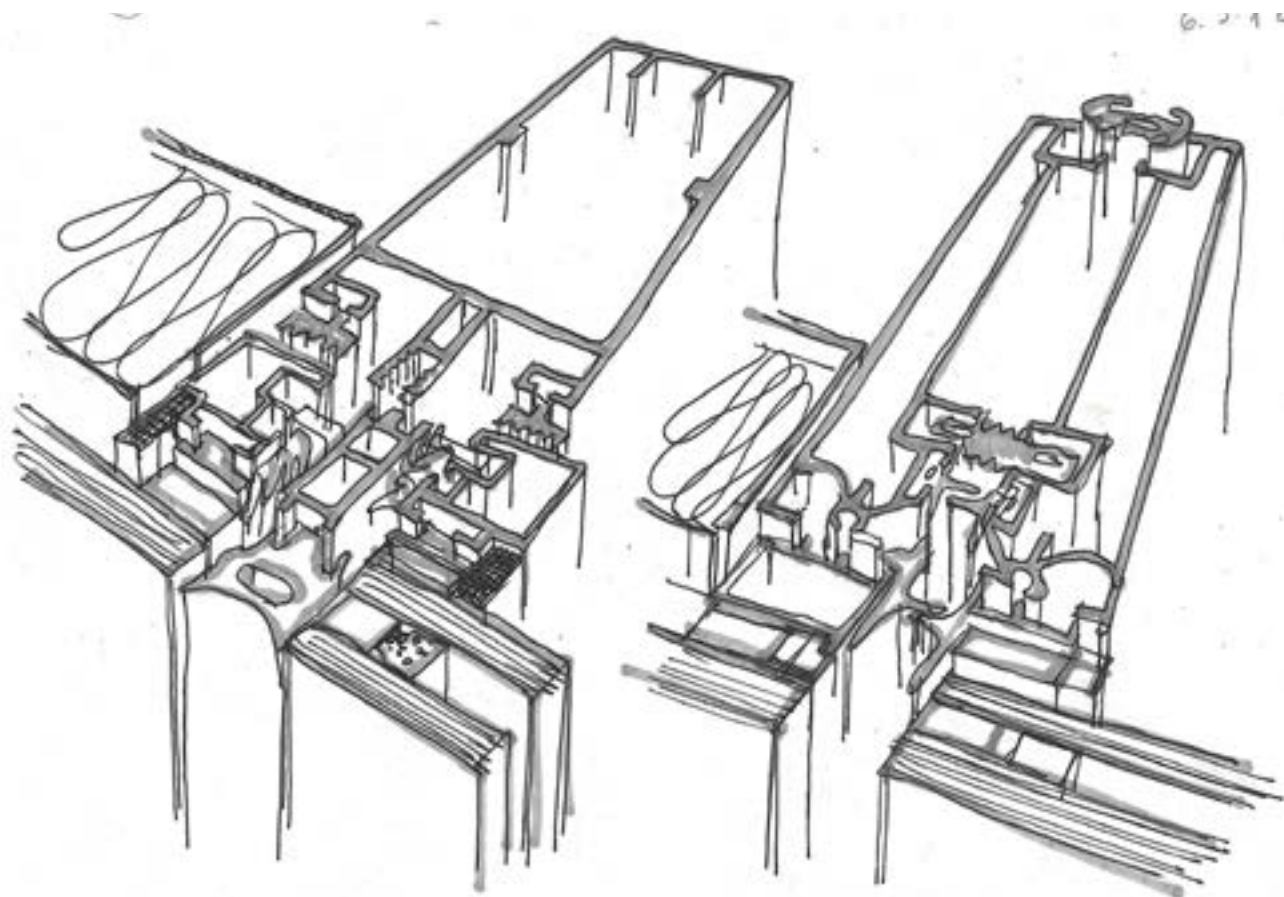
Dada la trascendencia del peto ignífugo, en cualquiera de sus versiones para sectorizar los edificios en el plano de la fachada y por ser uno de los condicionantes del diseño de los edificios que más influye en su imagen final, hay en este trabajo de investigación un apartado dedicado específicamente a este tema.



Incendio Edificio Torre Windsor.
Madrid. 2005.

7.2.10. Montaje.

La fachada ligera se tiene que poder construir y montar con facilidad teniendo en cuenta la necesidad de precisión y ajuste, las mayores tolerancias de la estructura soporte y, en general, la gran precisión que caracteriza a un cerramiento ligero, lo que obliga a incorporar muchas piezas especiales cuyo fin es ajustar, graduar o desmontar el cerramiento o sus partes. El diseño del sistema está muy determinado no solo por su montaje, si no por las limitaciones en cuanto a transporte y los medios necesarios para la elevación.



Esquema Muro Cortina "Stick". (Izquierda)

Esquema Muro Cortina Modular (Derecha).

Ambos con vidrio pegado a marco con silicona estructural.

De hecho, una de las piezas más características del muro cortina es su anclaje, pieza de transición y transmisión de cargas del bastidor al forjado, que es el principal elemento de regulación y puesta en obra. Su misión añadida es permitir regular con precisión cada punto de la retícula, salvando las diferencias dimensionales que se hayan producido en la estructura o en sus piezas.

Todos los componentes del sistema estarán determinados por las condiciones de montaje, ensamble y ajuste de las propias barras de la retícula, de sus juntas, del sistema de acristalamiento, de su fijación etc. (juntas de dilatación y sus mechas de continuidad, enchufes montante-travesaño, grapas y presores con sus tapetas etc.).

Finalmente la filosofía del montaje nos llevará a diferentes concepciones del sistema de fachada mismo, que teniendo sus inicios en la puesta en obra casi artesanal, evoluciona a sistemas prefabricados o integrales que incorporarán todos los elementos del sistema, incluso paneles interiores, acristalamientos, lamas exteriores,



cortinas e incluso motores y su electrificación, lo que significa reunir una gran cantidad de elementos tradicionalmente no asociados a la fachada, llegando al límite de las complejas y sofisticadas soluciones de fachadas multifuncionales o de doble piel que en algunos casos extremos vienen completamente pre-montadas de taller para dos plantas de altura.

La construcción modular se justifica desde el punto de vista industrial en obras en las que la repetición es una característica de la fachada. Sin embargo los criterios de selección entre un sistema convencional de montante y travesaño y los módulos de fachada son cada vez menos claros debido a los procesos de fabricación en la que los centros de mecanizado y la robótica permiten la variedad de los modelos sin apenas incremento de coste. Hemos pasado de sistemas prefabricados, en los que para su rentabilidad eran necesarias grandes series de piezas estándar en relación con las piezas singulares, del orden de 5-6.000m² con mil piezas iguales equivalentes a un 80% de la obra, a soluciones que actualmente son posibles con tramos de fachada de 1.500m² y el 50% de piezas especiales.



Otro factor determinante del sistema de montaje son los medios auxiliares necesarios para el acceso con todas las medidas de seguridad y salud, al plano de trabajo del personal, que a la vez se utilizan para la subida de materiales. El diseño y configuración de la fachada han de estar siempre vinculados a su instalación en obra, considerando desde la definición de los sistemas de proyecto los tipos de andamios, las grúas, plataformas elevadoras que se prevé utilizar. En la decisión de los medios auxiliares a utilizar se ha de tener en cuenta la accesibilidad a todo el perímetro de la obra, las zonas de acopio de material y la secuencia del proceso de montaje con actuaciones desde el interior del edificio, desde el exterior o combinando ambos. Esto exigirá un estudio exhaustivo en coordinación con el resto de actividades para evitar interferencias y agilizar los tiempos de instalación acordes con la planificación general de la obra.

7.2.11. Sistemas clásicos de un muro cortina.

Básicamente los componentes de un muro cortina típico son anclaje, retícula, elementos de relleno y remates a obra y a otros sistemas. Aunque es muy común la utilización de construcción modular como alternativa para obras de cierta envergadura, siendo sus componentes básicos el anclaje y el bastidor, con los elementos de relleno preinstalados en fábrica, y evidentemente con sus remates perimetrales.

La retícula es un conjunto de perfiles estructurales portantes, montantes verticales y travesaños horizontales, o bien marcos completos, que integran en su sección los elementos necesarios para fijar el vidrio en posición flotante, es decir un juego de juntas de goma, calzos y perfiles tales como junquillo, presor y tapeta.

El montaje se realiza comenzando por el enrejado, que se ancla a la estructura base con los elementos ya comentados, para después colocar los EDR, ya sean cristales o paneles. En el caso de construcción modular, al tratarse de un sistema con mayor grado de industrialización, los bastidores se anclan a la estructura y los sistemas de juntas y EDR ya vienen integrados desde fábrica.

El concepto del sistema es el mismo desde los primeros cerramientos acristalados, una sección estructural con rigidez a flexión que incorpore una junta flexible con el vidrio, que cumple las misiones ya descritas, estanqueidad, impedir el contacto vidrio-metal, liberar la dilatación y el giro, etc. Los aspectos más interesantes de su evolución serán la aparición de las juntas preformadas de goma y la incorporación de juntas abiertas, que permiten cada vez una mayor libertad y seguridad.

Las carpinterías de aluminio dan un gran paso gracias al mayor refinamiento y ligereza de las secciones extruidas. Los perfiles son huecos y el material más aislante. Además incorpora las juntas elásticas de caucho que permiten una mayor deformabilidad e incluyen barreras estancas por su forma. Sofisticando el sistema introducimos perfiles de rotura de puente térmico, junquillos clipados, canales de condensación y drenaje para canalizar las filtraciones, etc. Además todas estas gamas de perfiles incorporan juntas abiertas y drenadas,

en definitiva, podemos decir que con los sistemas en aluminio se alcanza un alto nivel de sofisticación.

En general, esta evolución ha producido también una reducción en la transparencia de los cerramientos, por la mayor presencia del bastidor. La sección aparente tiende a aumentar por esta mayor complejidad y el aluminio requiere siempre mayores secciones que el acero de los antiguos perfiles. Hay que considerar que desde entonces todo se ha complicado, los vidrios son mucho más pesados, hay que ocultar los intercalarios del doble acristalamiento y las exigencias en cuanto a seguridad muy superiores por lo que los galces vienen determinados por las normas: minimizar y simplificar la sección del bastidor será uno de los objetivos actuales de estos sistemas, y el origen de las principales alternativas.

En la actualidad, para dar respuesta a las exigencias de arquitecturas más sofisticadas, están perfectamente resueltas las gamas más completas de perfiles, que partiendo del núcleo de los sistemas de aluminio con sus componentes básicos para garantizar la estanqueidad, aislamiento térmico y estabilidad, se adaptan a numerosas alternativas con perfiles de madera, de acero laminado, de vidrio, de composite de resina y fibras, etc.

La variante al sistema típico “stick”, montante y travesaño, tal como se ha descrito anteriormente es la construcción “unitized”, compuesta por módulos completos ya acristalados y panelados de los que resulta un montaje prefabricado que prácticamente no tiene mano de obra añadida. Para su colocación son necesarios medios mecánicos debido a que son elementos de planta a planta de aproximadamente 400kg de peso y entre 6 y 8m² de superficie.

Normalmente cada panel queda recercado por medio perfil, completando el enrejado por el solape con el contiguo y pasando a comportarse como un sistema de retícula convencional.

Su peculiaridad estriba sobretodo en la filosofía de producción y montaje, de la que deriva su mayor fiabilidad con controles de calidad de las células en fábrica.

Los diseños más interesantes son aquellos con una gran capacidad de integración, pues es donde realmente explotan sus capacidades. Además del acristalamiento, pueden incorporar el sistema de anclaje, elementos opacos y de protección solar de todo tipo, sistemas de apertura o motorización, etc.

A finales de los años 50 se construyen los primeros paneles prefabricados de este tipo, extremadamente ligeros, rigidizados con pliegues de chapa y unos rudimentarios aislantes encolados en la cara interior, con acristalamientos monolíticos acoplados al hueco mediante gomas, como si se tratara de las ventanas de un automóvil. Los diseños de Prouvé, contruidos a base de chapa plegada y también materiales plásticos muy básicos, destacan por su elevado nivel de integración, formando auténticas fachadas multifuncionales completamente prefabricadas provocando un gran trasvase de las horas dedicadas en obra a trabajos de taller.



Montaje Manual de Muro cortina modular.. 1961.

En la actualidad se tiende hacia los grandes formatos y la industria da respuesta con materiales ligeros incorporados como la piedra natural aligerada con paneles de nido de abeja, chapados metálicos, paneles de madera, etc., ensamblados mediante fijaciones mecánicas ocultas.



7.2.12. Silicona estructural.

Los antiguos acristalamientos estaban muy limitados por los materiales de sellado, frágiles y poco durables, y es lógico que algunos de los cambios más interesantes en el muro cortina deriven de sus nuevas soluciones técnicas. Los perfiles preformados son fundamentales en los nuevos muros de aluminio, pero incluso se independizan de ellos para lograr por si mismos una solución de junta estanca y abrir el camino a diseños menos intrusivos.

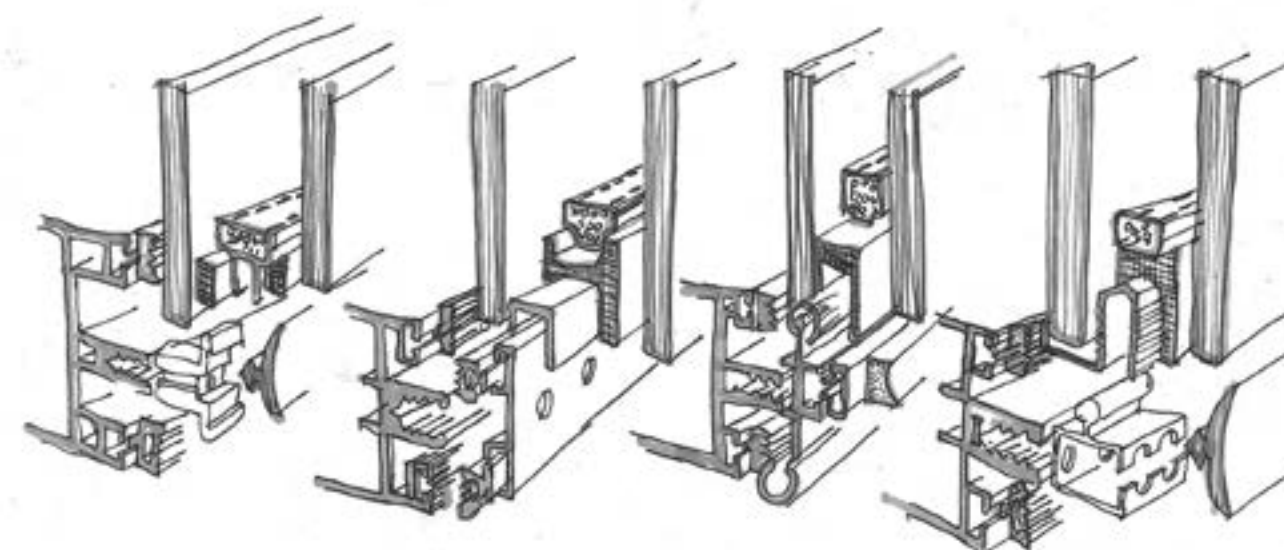
El montante de Saarinen para el muro cortina de la General Motors de 1945 o las patentes de Prouvé de 1960, son unas simples secciones de acero laminado, rematadas con un perfil de neopreno que recoge el vidrio en todo su perímetro. El perfil de goma es un mecanismo con misiones muy sofisticadas, pues sustituye a toda la batería de perfiles que incorpora una carpintería de aluminio convencional para lograr estanqueidad, resistencia mecánica y flexibilidad, pero la respuesta es desde luego mucho más sencilla.

Una de las invenciones más importantes en cuanto al aspecto final de la fachada y del sistema de fijación de sus EDR aparece a mediados de los años 80. Para el soporte de los acristalamientos se utiliza la "silicona estructural" o de alto módulo, que va a servir para sustituir el conjunto de elementos de la fijación y el sellado del vidrio, por un simple cordón de silicona, de modo que un solo elemento elástico puede resolver la junta, el sellado y la fijación a la estructura.

En los comúnmente denominados VEC o SG, de los términos franceses Verre Estructuel Collé o del inglés Structural Glazing, básicamente podemos distinguir dos aplicaciones diferentes y complementarias. La primera es el pegado de los acristalamientos entre sí para la formación de la unidad de doble acristalamiento mediante silicona de alto módulo. La segunda es el pegado entre sí del conjunto de acristalamiento-marco de aluminio, para posteriormente fijarse a la retícula de aluminio mediante diferentes sistemas según la patente, unos con sellado de las juntas en obra y otros con la estanqueidad basada en la geometría y presión de las juntas perimetrales acopladas a dichas retícula y bastidor de aluminio.

El montaje del vidrio adherido y engalzado en los marcos de perfil de aluminio se realiza en taller, fijando en obra los módulos de visión o paneles ciegos mediante tornillos, levas deslizantes o soportes acunados en la estructura soporte.

Como el cordón es deformable, el sistema tiene una aceptable movilidad a través de sus juntas, que se completan con el resto de articulaciones.

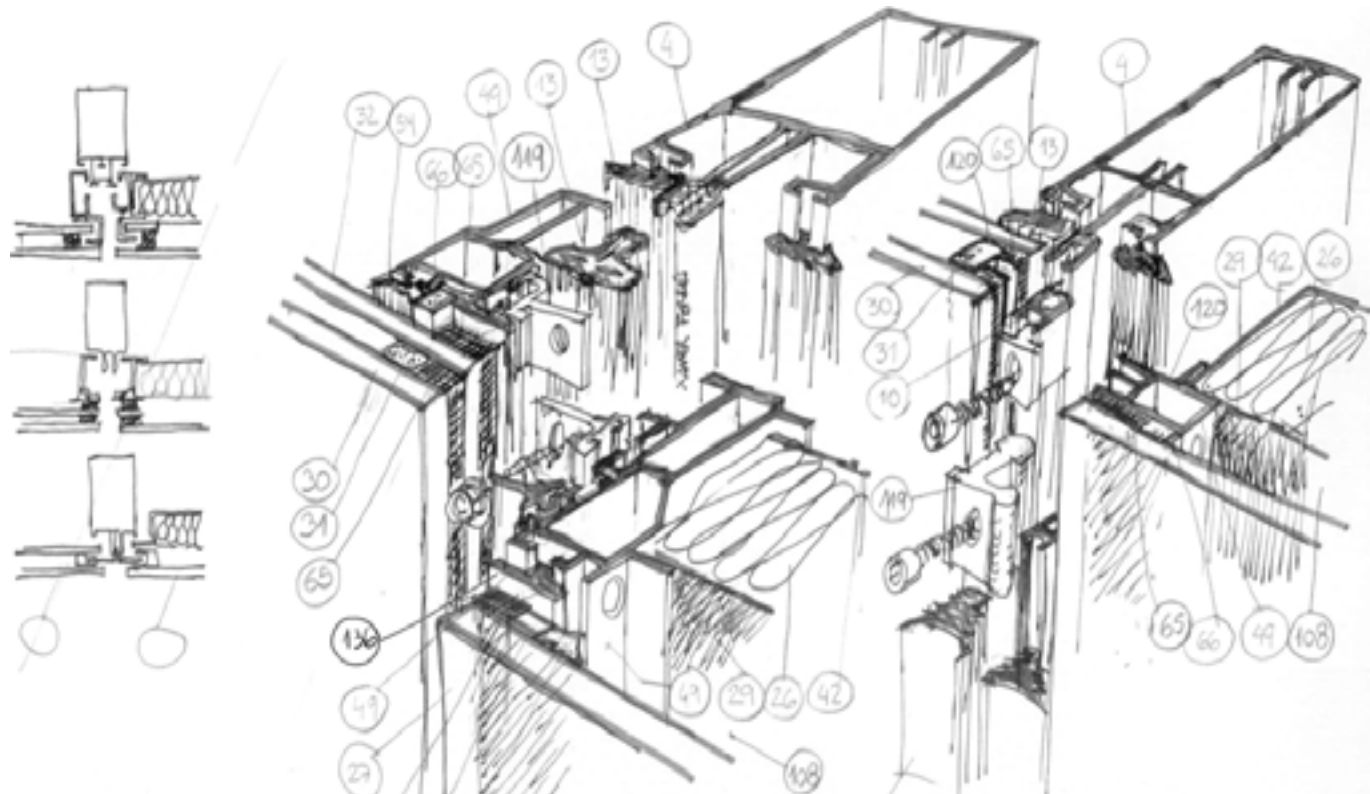


Esquema de diferentes sistemas de fijación de acristalamientos con silicona estructural por el canto.

Con la silicona estructural la transparencia del muro no varía, pues el enrejado no lo hace, pero si su apariencia al resultar el bastidor oculto desde el exterior. Lo interesante, antes que su apariencia, es que el cerramiento pierde sus discontinuidades en el exterior, evidenciando y destacando el plano de fachada más que la retícula de la modulación. Al resolver el sistema de juntas en el canto de los vidrios con perfiles extrusionados de EPDM que quedan ocultos, desaparece el voluminoso y complejo conjunto de piezas (fijaciones, tornillos, tapetas y presores, etc.) de una solución más tradicional.

El aspecto determinante del funcionamiento es la capacidad del adhesivo para cumplir todas las funciones de nuestra primera unión mecánica, lo que implica una gran confianza en el sellante. De ahí que los controles de calidad y de aplicación en taller sean muy estrictos, y en cada sistema es imprescindible la validación por parte de las tres marcas intervinientes:

El proveedor de los perfiles de aluminio y gomas, el fabricante de los acristalamientos y el fabricante de la silicona, quien dicta las normas y condiciones de aplicación y los procedimientos de control para validar y garantizar el proceso de pegado.



Fijación de los módulos a la retícula, con marco de aluminio y vidrio con intercalario estructural

La sección portante de silicona estructural se determina mediante un cálculo en función del tamaño, proporciones, composición del vidrio (espesores y peso) y de las cargas de presión y succión sobre el acristalamiento.

En el origen el caso más normal era con pegado del acristalamiento al marco de aluminio en sus cuatro caras, el cual se unía a la retícula mediante sistemas de tornillos o pasadores. Para optimizar los costes, en una primera evolución otras patentes basaban el soporte del sistema en el pegado entre los vidrios con intercalarios especiales,



Bodegas Raimat.
Lleida.
Domingo Triay. 1987.

que a su vez permitían que las piezas de soporte cliparán directamente entre la retícula y el vidrio, consiguiendo estanqueidad y estabilidad.

Actualmente los principales proveedores solucionan el sistema de fijación en el canto del vidrio con intercalarios y fabricación estándar del doble o triple acristalamiento, y con la interposición de pequeñas piezas que los vinculan con la retícula.

El caso de la construcción modular es equivalente a la de las fachadas “stick”, porque la fijación de los EDR se hace también mediante silicona estructural o con fijación mecánica con junquillos clipados o presores atornillados.

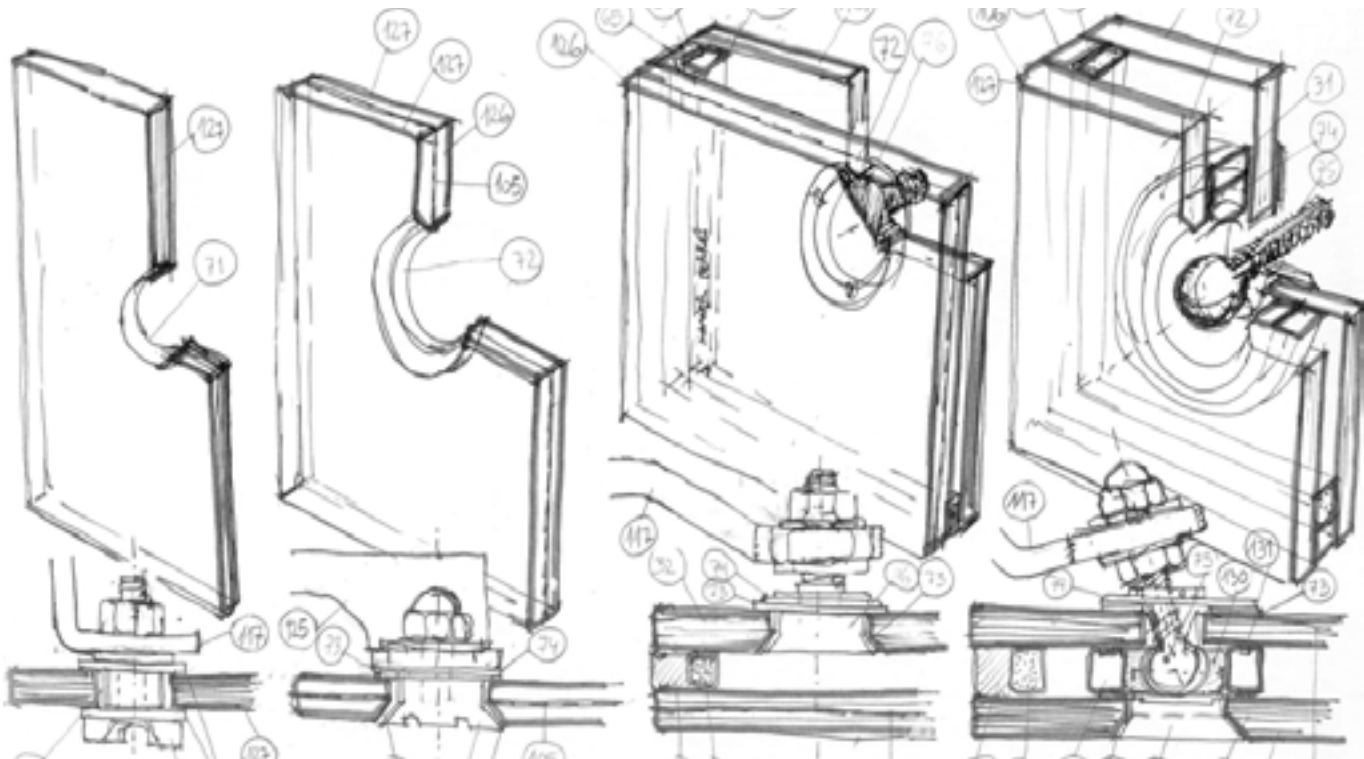
La primera obra que se construyó enteramente en España, en la que se pegó el vidrio al marco, fueron las fachadas de las Bodegas Raimat en Lleida. El vidrio de esta pequeña obra se encoló en los talleres de Cricursa y fue producida por Biosca y Botey en 1987.

A pesar de los cientos de miles de metros cuadrados de fachadas construidas con sistemas similares de acristalamiento, y después de treinta años de experiencia, los procedimientos para validación de los proyectos de silicona estructural siguen siendo considerados por las oficinas de control como “construcción no convencional”; lo que significa el seguimiento de controles de calidad y procesos de trazabilidad exhaustivos.

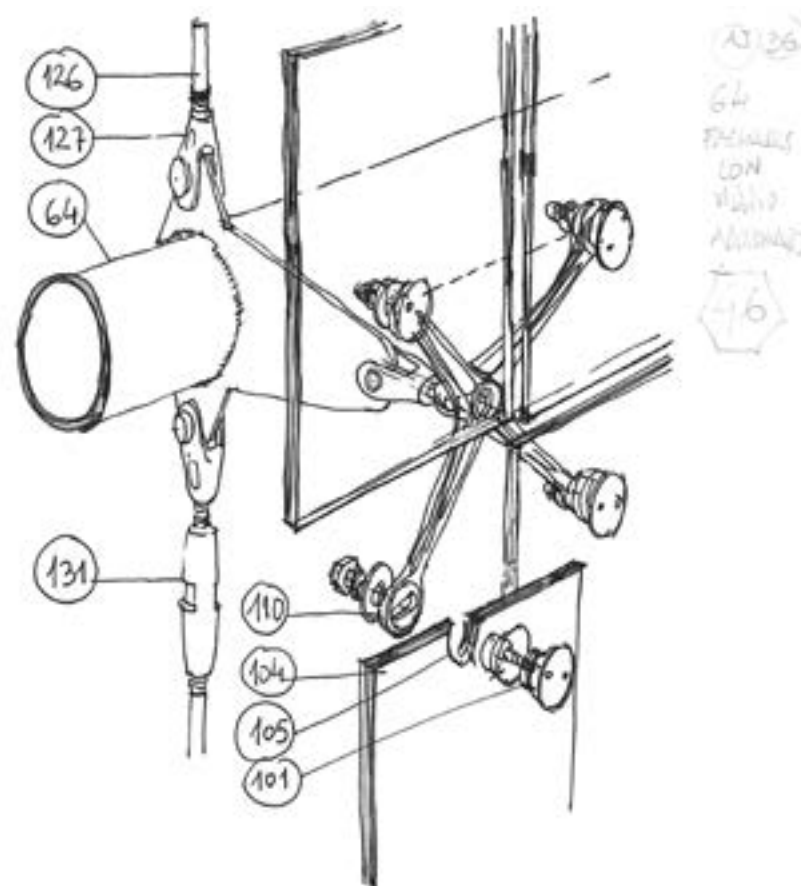
7.2.13. Vidrio estructural abotonado.

Si un simple sellado puede sustituir a los sistemas de grapa y presor para lograr la estanqueidad y mantener el vidrio estable en su posición, se abre la posibilidad de prescindir de aquella, y el problema resultante es como anclar el vidrio a la estructura del edificio sin el recurso de un bastidor intermedio que lo soporte.

Fijación de los módulos a la retícula, con marco de aluminio y vidrio con intercalario estructural



Sistema VEA con estructura mixta tubular y de cables.



Una forma de lograr esto es mediante anclajes puntuales, resueltos con grapas metálicas y taladros en el acristalamiento, típicamente emplazados cerca de las esquinas del elemento de vidrio. Al suprimir el bastidor aprovechamos fundamentalmente la capacidad mecánica del vidrio, que tiene que ser templado, para ser capaz de resistir las solicitaciones puntuales en los anclajes.

La denominación común VEA, vidrio estructural abotonado, deriva de la denominación francesa “Verre Estructurel Attaché” que coincide con las siglas de la definición española “Vidrio Estructural Abotonado”.

El sistema implica dos transformaciones importantes. Por un lado la junta entre vidrios y el anclaje se han convertido en piezas diferentes: la junta resuelve la estanqueidad al aire y al agua, a la vez que evita el contacto entre vidrios permitiendo su dilatación, mientras que el botón tiene la misión de transferir las cargas del vidrio a la estructura soporte y mantener solidarias las diferentes placas de vidrio.

Por otro lado aportamos una nueva función a la placa de vidrio que forma el cerramiento, la de ser “portante”, es decir además de las típicas prestaciones tales como soportar las cargas de viento, ser estanco al agua y al aire, proporcionar la protección solar y lumínica, el vidrio forma parte insustituible de la estructura, permitiendo después del templado de las placas, trabajar a flexión, tracción y compresión, para completar el sistema estructural de la fachada.

Como en la transmisión de cargas por junquillo, el bulón deberá evitar la concentración de tensiones sobre el vidrio, proteger sus bordes, aislarlo del contacto metálico, permitir su dilatación y liberar la transmisión de esfuerzos indeseados desde la estructura.

Las soluciones más sencillas son del tipo “empresillado” o “patch fitting” con grapas que no necesitan, por cuestiones mecánicas, ni taladros ni vidrios templados, evolucionando después a muescas y mecanizados en el borde como las clásicas de las puertas “securit”. Hoy se han generalizado los botones que permiten la fijación del vidrio a cualquier sistema estructural y permiten una mayor movilidad de las piezas. Las concentraciones de tensiones se pueden reducir, pero creando siempre flexiones locales en el vidrio como consecuencia de la excentricidad del anclaje.

El botón clásico es la patente del sistema Planar de Pilkington, evolucionada por diferentes patentes, que consiste en un taladro tronco-cónico en el vidrio y diferentes materiales plásticos separadores entre éste y el bulón de acero inoxidable para evitar el contacto entre ambos.

El botón giratorio de Peter Rice es un interesante avance sobre el anterior: es una auténtica rótula, situada además en el plano del vidrio, cuyas cabezas esféricas permiten que el vidrio tome cualquier posición entre cuatro o seis puntos, en torno a los que puede girar sin restricciones. Podemos acristalar estructuras más deformables y además elevar netamente las cargas transmitidas a los anclajes, sin que se transmitan directamente a la placa de vidrio.

Con determinadas patentes más sofisticadas puede mantenerse el vidrio templado y laminado con intercalarios especiales en su posición, en el caso de rotura accidental o de fuego, incluso en cubiertas en posición horizontal, mejorando notablemente la estabilidad de la placa por lo que denomina Francesc Arbós en las publicaciones de Bellapart como un buen “Comportamiento post-rotura”.

Otra solución de fijación es la placa de esquina empleada por Schlaich, que no necesita perforar el vidrio, simplificando los mecanizados de taller previos al templado de las piezas de vidrio.

Los sistemas de botones han permitido acometer el acristalamiento de grandes estructuras, con la ventaja de no requerir enrejados de transición. Así son clásicas sus aplicaciones a redes espaciales y es en el cerramiento de grandes espacios donde más han desarrollado sus posibilidades. El tipo de fijación y la junta de silicona permiten además que la estructura base sea bastante deformable, pudiéndose desarrollar los conocidos ejemplos de soportes mediante cables y varillas.

Numerosas cubiertas de grandes dimensiones se han resuelto con estas técnicas, como la Feria de Leipzig de Von Gerkan, Marg&Partner, la nueva estación Central de Berlín o la sede del DG Bank en Berlín de Frank Ghery.

En un cerramiento de un edificio en altura si queremos prescindir de la retícula, los botones se anclarán al forjado, resultando una luz libre excesiva para el vidrio, y no comercial para el vidrio templado, de modo que normalmente se sigue requiriendo una estructura de transición a la que fijar los botones.

La utilización de este tipo de cerramientos tan ligeros y transparentes, ha obligado al desarrollo de fijaciones puntuales para doble acristalamiento, con diferentes versiones desde la que es necesario taladrar los dos vidrios, sólo el interior o con recientes patentes de adhesivos para soporte y fijación de dobles acristalamientos mediante puntos de pequeño diámetro, sin taladrar ninguno de los dos, de tal forma que no hay límite en las composiciones de las capas de control solar en los dobles acristalamientos.



Muebles Jardín para el pabellón de la U. A. M.

Jean Prouvé. 1936.

Por sorprendente que parezca, podríamos encontrar el inicio de los sistemas de fijación puntual en una novedosa aplicación de Jean Prouvé en 1937. Se trata de una serie de muebles de jardín para el pabellón de la Unión de Arquitectos Modernos UAM, en París. En esta ocasión se utilizaron por primera vez elementos portantes de acero perforado que soportaba mediante un sistema abotonado los asientos y superficies planas de las mesas. El material transparente era conocido como Rhodoid, plástico derivado del acetato de celulosa utilizado para la fotografía y el cine. El plástico termo-conformado se vinculaba a su soporte estructural de acero mediante cuatro o seis puntos de unión. La placa estaba perforada para permitir el paso de la tornillería que la fijaba. Los fundamentos de este sistema son exactamente los mismos que los que se emplearon en obras emblemáticas como la Villette de Peter Rice y Mike Eekhout en 1987, cincuenta años más tarde.

7.2.14. Suspensión y tensado.

El trabajo en tracción del vidrio está penalizado por el efecto desfavorable de cualquier fisura en el canto del vidrio, que tenderá a crecer, pero tiene la ventaja de superar la limitación por pandeo, característica del trabajo en compresión de un material de mínimo espesor. Con el templado, el trabajo en tracción es decididamente favorable, ya que el proceso de templado comprime las caras externas del vidrio, tendiendo a bloquear cualquier posible fisura.

Al suspenderlo, podemos además evitar la carpintería, si cada vidrio cuelga del inmediato superior. Con la suspensión si es posible un acristalamiento entre forjados sin armazón, con la salvedad de que a una construcción de este tipo le faltará un contrarresto, es decir, un sistema que resista los esfuerzos perpendiculares al plano combinado también los esfuerzos paralelos de al plano de la fachada estabilizando el conjunto.

Los anclajes de suspensión pueden ser del tipo de placas o botones. El contrarresto tiene soluciones muy diversas, pero típicamente es una red de nuevo a base de montantes o travesaños, con la ventaja ahora de no tomar carga vertical, lo que le permite reducir su inercia y adoptar una configuración más transparente. Por esto son clásicos los contravientos de cables y varillas pretensados o los de cartelas de vidrio.

Son muchas las realizaciones que han desarrollado esta idea, destacando como innovadores los ya mencionados invernaderos de la Villette de P. Rice o el edificio Willis Faber de Norman Foster en 1975. Esta última nos interesa especialmente por su revolucionaria aplicación a un edificio de pisos: no hay retícula, y el contraviento son unos contrafuertes de vidrio, que posteriormente también se han aplicado en numerosos cerramientos de atrios y vestíbulos de edificios singulares.

Finalmente el tensado se independiza de la suspensión de las hojas de vidrio, formando total o parcialmente el enrejado con familias de cables. Es el caso de las tres torres de ascensores panorámicos del centro de Arte Reina Sofía de Madrid de Íñiguez de Onzoño y Vázquez de Castro diseñadas en colaboración con el arquitecto británico Ian Ritchie con montantes de cables en 1988 o del Pabellón Británico de la Expo de Sevilla de 1992 de Nicholas Grimshaw con cables verticales soportando el peso de los travesaños. La solución más radical será formar la estructura del muro cortina exclusivamente con una o dos familias planas de cables pretensados, solución que requiere evidentemente un contrarresto adecuado. El vidrio se ancla directamente a los cables, tal como Schlaich para Murphy y Jahn resuelve en 1993 los grandes acristalamientos del hotel Kempinski del Aeropuerto de Munich, asumiendo deformaciones perpendiculares al plano acristalado del orden de 90cm. El problema derivado de este tipo de instalaciones es la compatibilidad del sistema de cerramiento con las estructuras portantes de edificio que ha de soportar cargas altísimas con la fachada en servicio.



Ascensores Panorámicos de cristal.
Museo Reina Sofía Madrid.
Íñiguez Onzoño y Vázquez de Castro. & Ian Ritchie.



Hotel Kempinski.
Munich Airport.
Murphy / Jahn, nd Michael Schlaich. 1993.

Las deformaciones de ambos sistemas han de tenerse en cuenta durante el proceso de montaje, una vez terminado y al cabo del tiempo con las flechas diferidas ya estabilizadas.

En la actualidad las uniones entre placas de vidrio a la vez que se han simplificado formalmente llegando a ser prácticamente imperceptibles, se han sofisticado en cuanto a su fabricación y ensamble en obra. Recordemos las uniones tremendamente precisas con insertos de titanio integrados en las placas de vidrio, que conforman las estructuras de jácenas y contrafuertes vítreos de edificios singulares como la segunda versión del cubo de Apple en la 5ª avenida de Nueva York.

7.2.15. De los elementos de control solar a la doble piel.

Hemos visto que uno de los principales problemas del muro cortina es lograr un eficiente control solar, con alta transparencia luminosa al tiempo que un balance térmico positivo. Este último dependerá del emplazamiento, de la orientación y la época del año, y el mismo cerramiento deberá ser capaz de ganar calor cuando las temperaturas externas son bajas y rechazarlo en caso contrario, favoreciendo o evitando el efecto invernadero. En resumen, controlar la radiación solar incidente en el cerramiento a lo largo de su trayectoria.

El interés por los problemas de ahorro energético es característico de los episodios más recientes de la arquitectura, y con los sistemas de control solar el muro cortina comienza un nuevo desarrollo. Se asume al fin que el ciclo solar es determinante para el diseño algo sorprendentemente olvidado a pesar de su carácter de “principio primero” para los Modernos, y que la simple hoja de vidrio no es aún una pared.

No es solo control solar, pues en cierto modo el momento coincide con la puesta en valor de otros aspectos del diseño que el muro convencional escamoteaba. Nuevos elementos entran en el diseño de los cerramientos ahora compuestos, de los que los sistemas clásicos pasan a ser una parte. Los objetivos pioneros de transparencia y sencillez a toda costa ya no son tan obsesivos: en cierto modo se recupera el lenguaje de la pared tradicional, al asumir diversos órdenes de complejidad que el muro cortina y sus desarrollos “estándar” habían dejado de lado.

Solo vidrio.

Llamamos sistema de acristalamiento al “aparejo” del muro cortina, es decir, el modo en que organizamos su montaje y juntas. El sistema contiene las decisiones principales del diseño: en sentido estricto, hay pocos sistemas de acristalamiento, y nuestros diseños son necesariamente variaciones en torno a ellos.

Lograr el control solar solo con vidrio requiere un material de respuesta variable, selectivamente transparente a las diferentes longitudes de onda, dejando pasar la luz pero no el calor. Además puede pretenderse que sea transparente a las radiaciones térmicas cuando éstas son

favorables, por ejemplo con determinados ángulos de incidencia solar, o que sean capaces de oscurecerse ante la radiación directa.

Los vidrios denominados de capas con un alto índice de selectividad logran un alto grado de transparencia con transmisión luminosa en torno al 60 % y un bajo factor solar aproximadamente del 28%, o de 50/22 con prestaciones cercano al límite posible de la tecnología. Otras opciones son tratamientos superficiales en relieve o laminados que encapsulan entre los dos acristalamientos elementos que han de contribuir notablemente al rendimiento energético del cerramiento y que permite una transparencia variable con el ángulo de incidencia solar como los denominados paneles aislantes translúcidos de las gamas de fabricantes como Okalux.

Algunas propuestas de vidrios especiales variables como los vidrios polarizados y foto-cromáticos en estado de permanente experimentación, siguen sin tener una implantación habitual en el mercado, ya sea por las limitaciones de formato o por el coste de fabricación.

Por ahora, la solución más experimentada es el parasol, un artilugio que superpuesto al cerramiento de vidrio pueda aportar el control de la insolación, y aportar una respuesta variable. En España hay una enorme cantidad de edificios construidos entre los 60 y los 80 que muestran todo tipo de propuestas con los más diversos materiales (pétreos, metálicos, vegetales, vítreos, etc.), formando lamas o paneles, verticales u horizontales, fijos o móviles que han servido perfectamente para su cometido y que han permitido también dotar al cerramiento de una expresión plástica cada vez más difícil con la simple hoja de vidrio.



Caixabank Diagonal 532.
Barcelona.

7.2.16. Tejidos y lamas.

Un tipo de protección lumínica y solar generalizada es la interior, en forma de cortina escamoteable, que operamos para evitar la insolación directa. Sus efectos ópticos son favorables porque pueden controlar el exceso de iluminación y fundamentalmente el deslumbramiento por contraste. Pero los térmicos no lo son tanto, pues las radiaciones solares atraviesan el vidrio antes de interceptar con él, de modo que no evitan el efecto invernadero. No obstante reducen parcialmente las ganancias térmicas, por su capacidad de reflejar la radiación incidente y absorber calor.

Una variante interesante son las protecciones tipo “venecianas” incorporadas entre dos vidrios, que han evolucionado hacia su incorporación en la cámara de aire de un doble vidrio aislante, con un efecto similar. Las dificultades típicas de limitación de formato, de templado de vidrios, operativa y reparabilidad hoy se van superando, lentamente para ofrecerlas suficientes garantías.

La primera y más directa de las soluciones es un toldo o veneciana exterior operable, que pueda actuar solamente cuando la radiación directa incida sobre el acristalamiento. El funcionamiento es mejor desde el punto de vista térmico, con el problema importante de su mantenimiento y especialmente su durabilidad. Hoy se emplean tejidos de poliéster, fibra de vidrio y PVC, teflón, etc., similares a los empleados en las estructuras textiles, que tienen la ventaja de su transparencia luminosa y amplísimas gamas de colores estables y de diferentes coeficientes de transmisión luminosa, que pueden integrarse y combinarse con el resto de componentes, paneles opacos, pasarelas y vidrios.



Torre Worfen.
Plaça Europa. L'hospitalet, Barcelona.



Pegaso Parc.
Madrid.
Estudio Lamela. 2007 - 2011.

Los sistemas de lamas y venecianas metálicas o plásticas son también frecuentes, con mecanismos que permitan su giro y plegado, incluso motorizados o accionados por sondas para detectar la luz, la energía solar o el viento y poderse integrar en la estrategia global de la climatización del edificio.

Las persianas enrollables o las de lamas orientables y replegables se pueden escamotear en el dintel de la zona acristalada, especialmente en fachadas ventiladas lo que complica el detalle constructivo con cajones estancos en el dintel y complejas soluciones de esquina, en las que hay que resolver los encuentros de soportes y guiado con perfiles o cables de las persianas.

El problema general de estos sistemas es un alto coste de mantenimiento, con dificultades para conservar su operativa, pues son elementos de vida reducida, y máxime si son operables con sistemas informáticos que multiplican el número de ciclos de apertura y cierre.

Además los sistemas tipo toldo o cortina necesariamente interrumpen la visión y reducen la iluminación, por lo que su puesta a punto y adecuación a las diferentes situaciones a lo largo del edificio, durante el día y a lo largo del año, son realmente complejas y el fallo de cualquiera de sus componentes puede invalidar la totalidad del sistema.

7.2.17. Parasoles fijos.

Así que otra opción es lograr una sombra adecuada con elementos fijos, que pueden además establecerse de modo que no interrumpen la visión. Un alero o parasol horizontal es funcional orientado hacia el sur, cuando el sol permanece alto, y aporta sombra sin interrumpir la visión. El propio voladizo del forjado es un adecuado parasol, y son muchos los edificios que aportan magníficas soluciones sin recurrir a otros elementos que la propia estructura.

Al este y oeste la simple visera no funciona, y el parasol tiene que ser vertical, interrumpiendo la visión. Además debiera ser orientable para seguir el ciclo solar.

Las soluciones de Le Corbusier son una posibilidad, o los clásicos muros cortina con montantes muy pronunciados que cumplen la doble misión de estructura y parasol. Muchos edificios clásicos superponen estos mecanismos para lograr una relativa protección manteniendo dominante la hoja de vidrio.

Con todo esto, el muro cortina se va configurando como un complejo aparato en el que la hoja de vidrio es un elemento casi secundario. Hay numerosas soluciones de parasoles fijos de vidrio, metálicos, de cerámica, de lamas extrusionadas con las más diversas geometrías.

La configuración de las capas y su posición por delante del vidrio en combinación con los elementos de soporte permiten la singularización de muchas de las arquitecturas que se han planteado en los últimos años.

Es a través de las permutaciones de los elementos de control solar cuando se imponen los más diversos materiales, procesos de fabricación y productos tanto especiales como estándar. Podemos encontrar chapas de metal estirado, de acero lacado, acero inox, aluminio o cobre, tejidos de cables y varillas o de espiras de acero inoxidable o aluminio, chapas perforadas con densidad, forma y distribución a la carta de acero galvanizado, acero inox, composite, aluminio o acero lacado, y así un largo etcétera de cerámicas extrusionadas standard o series únicas con colores y brillos sin límite, composites de las más diversas resinas y fibras, fachadas con componentes vegetales, de madera, de mimbre de piedra. No hay límite.

7.2.18. Parasoles de vidrio.

Otra opción es emplear un parasol de vidrio, tanto fijo como operable, y que puede adoptar muchas de las formas descritas en el apartado anterior. En general se recurre a vidrios absorbentes o con diversos tratamientos incluso combinando varios de ellos, serigrafías, capas reflectantes, laminas, etc. con diversos niveles de color, transparencia y opacidad.

Una solución es el escudo térmico transparente, una segunda hoja de vidrio de protección solar separada del muro cortina propiamente dicho, que intercepta las radiaciones solares, que por su tratamiento implica pérdida de luminosidad en el interior, con la ventaja de ceder el calor atrapado al exterior si el ancho de cámara es suficiente. El vidrio se emplea en todo tipo de disposiciones, tales como cornisas o montantes. Una solución interesante son los parasoles de lamas de vidrio, verticales o horizontales, que mejoran evidentemente la transparencia general a costa de una sofisticación técnica y un coste notables.

7.2.19. Doble hoja.

La idea de un cerramiento acristalado de doble hoja es la evolución lógica de los parasoles aunque tiene antecedentes tan diversos, como las complejas ventanas de dos y tres hojas de los países nórdicos o los vidrios aislantes de uso ya generalizado, en los que se trata, por encima de todo, mejorar el aislamiento con la incorporación de un colchón de aire. En otros, como los parasoles de vidrio superpuestos al acristalamiento, no existe realmente tal cámara, pero sí una hoja externa diferenciada y especializada con una misión fundamental: la protección solar.

La cámara de aire entre las dos pieles de vidrio ofrece varias posibilidades, entre ellas recuperar para calefacción el aire caliente producido, pero la más generalizada será aprovechar la convección producida por el calentamiento del aire de la cámara para forzar la ventilación y reducir la temperatura. Sobre esta idea se configuran los primeros diseños en los que la cámara se incorporará una protección solar de lamas de suficiente envergadura para actuar como acumulador de calor, así como de pasarelas de mantenimiento que actúen también como viseras protectoras, al tiempo que la hoja interna podrá ser practicable.



Edificio Interface
Barcelona 22@.
Batlle & Roig. 2003.

Como variantes fundamentales en el diseño de la cámara aparecen su espesor, el tipo de acristalamiento en ambas caras, las aberturas de ventilación en la hoja externa y el origen y destino del aire, formando un canal único en toda la altura o por tramos de una planta. Operando las aberturas de ambas hojas puede disiparse el aire circulante al exterior por la coronación o recuperarse al interior a través de los practicables aunque también la cámara provocará la succión del aire interior forzando su renovación.

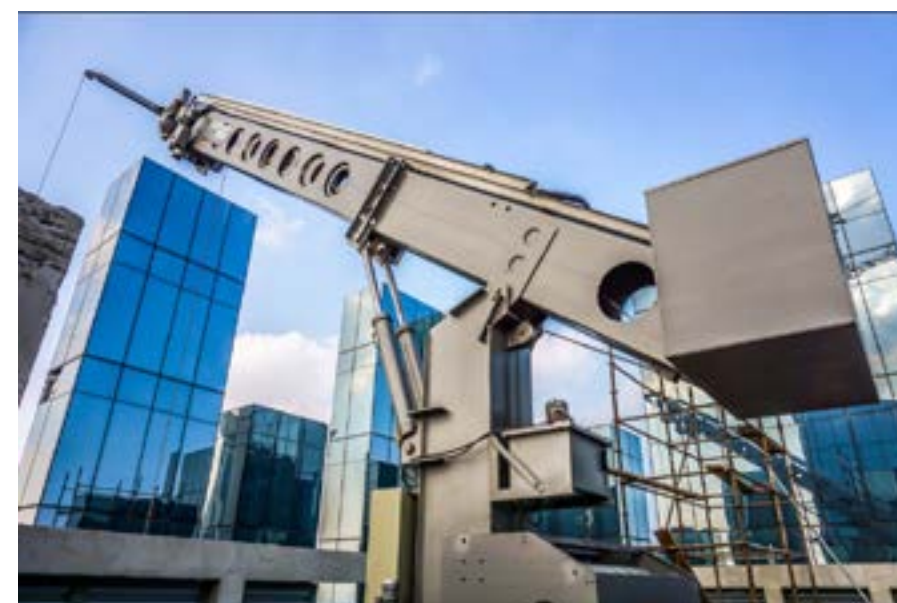
Una ventaja derivada es la protección de los elementos de control solar de la intemperie, así como de los módulos batientes. Por el contrario, el sistema es evidentemente complejo y costoso, y su viabilidad requiere una valoración simultánea sobre el coste y calidad de la climatización, mantenimiento, etc.

Dada la complejidad y la variedad de formulaciones posibles para la misma idea consistente en aprovechar las consecuencias de la “trampa térmica” entre capas se dedica el capítulo siguiente de este trabajo.

7.2.20. Mantenimiento, limpieza y durabilidad.

La fachada ligera en cualquiera de sus combinaciones, como el muro cortina de una sola piel y en especial las fachadas de doble piel son artificios bastante complejos, y en consecuencia el problema de su conservación es importante. Determinadas soluciones requerirán un nivel de conservación o reposición mayor que otras y en definitiva habrá que planear sistemas de limpieza y acceso para ciertas exigencias de recambio de piezas, ajustes y reparaciones antes de finalizar la obra y durante su vida útil ya con el edificio en servicio.

La limpieza es un importante apartado del mantenimiento y es obviamente imprescindible cuando se emplea vidrio, habrá que estudiar por tanto su ensuciamiento en función de la zona industrial, rural o urbana, cerca del mar o en climas secos, ya que de ello depende la pérdida de prestaciones físico-ópticas.



BMU.
Building Maintenance Unit.
Gondola no convencional.

Limpeza por especialistas de trabajos en altura.
Fundación Luis Vuitton.
París.



La durabilidad técnica de las fachadas, como explica ampliamente Pablo Garrido en su Tesis Doctoral “Vida y obsolescencia de las fachadas del siglo XX en la ciudad de Barcelona”, está vinculada directamente a la naturaleza de los materiales, al diseño y a la frecuencia de las tareas de mantenimiento y limpieza. Por tanto un diseño adecuado debe por un lado reducir la necesidad de realizar estas tareas y por otro facilitar el acceso para las mismas. Son posibles diversas estrategias que van desde la utilización de tratamientos superficiales de dióxido de titanio para favorecer el carácter “auto-lavable” del muro cortina, facilitando la escorrentía y evitando obstrucciones al agua que favorezcan la infiltración y originen manchas, hasta la utilización de geometrías en aleros y perfiles que lo protejan y reduzcan la exposición al agua.

A pesar de que en ocasiones se plantea la limpieza de las fachadas desde la propia planta a través de los practicables, un muro cortina de cierta entidad requiere siempre un sistema externo de acceso para estas funciones. Pueden ser de diferentes tipos, los más extendidos son las góndolas suspendidas desde la cubierta y las pasarelas horizontales en correspondencia con los forjados con sus perceptivas líneas de vida.

El desarrollo de los denominados BMS (Building Maintenance Systems) es específico para cada proyecto, hay que integrar desde el inicio cuestiones clave como son las sobrecargas sobre la estructura general del edificio y las acciones directas sobre la propia fachada. También hay que tener en cuenta el impacto visual de las máquinas en reposo y los carriles por los que circularán, ya sea en las plantas técnicas o en las terrazas públicas. La estrategia debe contemplar el acceso a cualquier parte de la fachada sea cual sea su geometría, considerando desplomes, retranqueos, aleros y cualquier elemento que salga del plano vertical. Por otra parte debe considerarse en el diseño de la máquina y su uso, tanto la periodicidad como la inmediatez de acceso a un punto determinado. Los edificios que combinan diferentes usos, como zonas comerciales, hotel, residencial y oficinas, tienen periodos y necesidades de limpieza y mantenimiento que difícilmente coinciden. En ocasiones es necesaria la intervención rápida para reparar determinado componente de la fachada o el edificio, como pueden ser balizas de aviación o antenas, y esta no puede estar condicionada al uso de dispositivos de sofisticada articulación, que son lentos y están limitados por determinadas condiciones climatológicas.

Otro aspecto fundamental en la configuración de los BMS es la seguridad, tanto de los operarios que las manejan como de las instalaciones a las que sirven, por ello los coeficientes y las limitaciones de uso son muy restrictivos.

La utilización de estas instalaciones durante el proceso de montaje de la fachada que van a quedar definitivamente colocados en la obra optimiza los costes. Para ello hay que prever la sustitución de algunos componentes, como pueden ser las góndolas, que se habrán deteriorado durante el transcurso de la obra. Hay dos aspectos más a tener en cuenta relacionados con la maquinaria, la primera cuestión es que cualquiera de las piezas pueda subirse hasta la planta donde está instalado el BMS en el montacargas del edificio sin necesidad de utilizar grúas auxiliares. En segundo lugar construirlas con la capacidad de carga suficiente para acarrear al mismo tiempo al personal, sus herramientas y el componente de mayor tamaño y peso sustituible de la fachada.

Cada diseño tendrá una filosofía propia, que será determinante para la viabilidad del sistema, para su conservación y para su integridad.

La calidad de un edificio depende, entre otras cosas, del estado de limpieza y mantenimiento de sus fachadas y de la estabilidad de los materiales con los que se construye. El mantenimiento de las prestaciones de estanqueidad al aire y al agua, la maniobrabilidad de los elementos practicables, la revisión de los elementos del exterior de la fachada como toldos, paneles, pasarelas, lamas de control solar y sus mecanismos, etc., deben estar adecuadamente programados para que se pueda alargar su vida útil, garantizar las prestaciones y su durabilidad.

7.2.21. Hoy.

En toda la exposición precedente hemos hablado de tecnologías y tratamientos diversos, recubrimientos superficiales, asociaciones laminares, tratamientos lumínicos y solares, cámaras de aire, protecciones móviles, sistemas de instalaciones, mecanismos de fijación y ajuste, materiales complementarios con todo tipo de funciones, pieles y capas que son capaces de formular una casi interminable combinación de soluciones destinadas a hacer frente a las cada vez más complejas exigencias de las edificaciones modernas.

Las fachadas ligeras tanto como el muro cortina han sufrido una evolución espectacular desde su origen y con la búsqueda de la singularidad el ritmo de innovación sigue siendo hoy muy alto. Este aumento de complejidad se debe a muchos factores, desde el necesario aumento de escala, la complejidad funcional de los edificios, la altura o las geometrías cada vez más complejas y con el funcionamiento de las envolventes más sofisticado. En cierto modo es una evidencia de los cambios que se están operando en la arquitectura de los últimos años.



Hotel Catalonia.
Plaça Europa. I?Hoopispitalet. Barcelona.
Jean Nouvell, Ribas - Ribas.

Principalmente, hay que destacar el tremendo nivel de complejidad técnica que con el muro cortina ha adquirido el cerramiento, y los entrelazamientos que se establecen entre su diseño y el resto del edificio. Los primeros cerramientos modernos han evolucionado hacia elaborados organismos que se suman y participan directamente en las estrategias de estructuras, climatización e iluminación, en los que las instalaciones juegan un papel cada vez más activo.

Las patentes ya mencionadas de Le Corbusier para el muro respirante o el muro Trombe, basadas en ideas de Steiff o Wagner de hace ahora más de cien años, apostaron por las características activas de estas organizaciones laminares, especialmente adecuadas para un cerramiento que cada vez cuenta menos con el efecto de la masividad. Con ellos se inició una historia de gran actualidad, que consiste básicamente en la búsqueda de sistemas activos de control del ambiente, a partir de la hoja de vidrio interior, piel exterior y un canal de aire resultante, dando pie a las fachadas multifuncionales o de doble piel que ahora se están investigando y aplicando simultáneamente.

Además, su influencia en las prestaciones del edificio es amplísima y es imprescindible la coordinación de las disciplinas y un estudio muy individualizado de las zonas del edificio que permita plantear todas las variables, siendo desde hace años el confort del usuario uno de los exponentes de la calidad de la arquitectura que tiende al control individual, que si bien antes era una opción ahora es imprescindible.

Otro aspecto fundamental, es desde años atrás, el proceso de indiferenciación entre pared y cubierta que supera la limitación de la concepción tradicional plana y modular, en la que la única singularidad es la esquina. Desde hace años de la mano sobre todo de los nuevos atrios, frecuentes en los accesos a espacios del trabajo, del transporte o del ocio, el muro cortina en cualquiera de sus formulaciones tiene que plegarse o curvarse o alabearse, teniendo que resolver alturas diversas de varias plantas, de forma que los grandes atrios acristalados se funden con cubiertas también acristalados que se construyen con principios basados en el muro cortina y su diseño será inseparable del conjunto estructural que lo soporta.

Las posibles combinaciones superan ampliamente el concepto inicial del cerramiento construido con un muro canónico, que se ha convertido en una variante sencilla de un sistema potencialmente mucho más complejo. En consecuencia, la producción del muro cortina en su versión básica se ha transformado notablemente, y solo la amplitud de productos comerciales y tecnologías industriales que pone en juego superan las capacidades de los proyectistas ocupados del edificio en su conjunto.

Su ejecución se plantea y resuelve por equipos de trabajo transdisciplinares que son tan internacionales como lo son las obras que proyectan en un país y ejecutadas en otro, con materiales, sistemas e industrias de gran nivel y sin fronteras. Debido a los crecientes costes de la mano de obra y del personal especializado que son necesarios, los criterios de facilidad de montaje y puesta en obra, mantenimiento, reparabilidad, durabilidad y calidad son determinantes en el diseño.

Las normativas, las leyes de edificación y los reglamentos de aplicación para ensayos en laboratorio, las homologaciones y control de calidad de productos, sistemas y componentes, en taller y en obra, se desarrollan en cada país y se internacionalizan. Todo esto deriva en un constante aumento del nivel de exigencia y control que aumentan la complejidad del producto. No podemos inventar ya alegremente, y nuestro “modus operandi” será más el de los diseñadores industriales, que parten siempre de un modelo fiable cuya evolución se plantean, lejos del invento, como alternativa a lo existente.

Hay que volver a reconsiderar toda nuestra experiencia, equilibradamente entre la aplicación de soluciones tradicionales y de nuevos sistemas. En ocasiones, las propuestas se basarán en la adaptación literal de formas, materiales y detalles constructivos aplicados en otras obras, que debemos conocer y estudiar, especialmente como estímulo y punto de partida de nuevas ideas y conceptos así como de sus soluciones técnicas. Estas combinaciones de materiales, productos y sistemas, sus formas y aplicaciones en fachada y cubiertas acristaladas son parte de la expresión del avance de la tecnología y la innovación.

Los diseños más renovadores serán difíciles de sacar adelante, y no basta con importar soluciones planeadas para otras latitudes y otros usos con poco criterio, circunstancia que hace que muchos proyectos pasen por fases de incertidumbre en cuanto a su viabilidad y en cuanto a las posibilidades de su desarrollo real. Las obras donde prime la apuesta por combinaciones complejas de materiales y sistemas constructivos sólo son resolubles con apoyos como los que podemos obtener de los constructores de fachadas, de los fabricantes de sistemas y de sus componentes y evidentemente de las consultorías y especialistas de fachadas.

El diseño del muro cortina es necesariamente tarea de un amplio equipo de personas con capacidades muy diferenciadas, pues las dificultades del diseño superan los conocimientos generalistas, especialmente cuando la geometría es la protagonista como expresión plástica y es uno de los más poderosos instrumentos para concebir y planear la arquitectura. Tal como dice Araujo en Tectónica, Geometría técnica y arquitectura “La nueva disponibilidad de tecnologías informáticas y constructivas amplía el espectro de tipologías estructurales y su protagonismo en el diseño, haciendo viables lenguajes que son pura expresión plástica”.

Quizás por todo esto, el muro cortina se vulgariza, y es más que discutible su aplicación indiscriminada vistiéndolo con un tejido muy poco funcional en espacios habitados, de modo que se ha convertido en expresión de un internacionalismo sin criterio y que en muchas ocasiones ignora algo tan fundamental como el lugar.

La transparencia y la luz parecen ser virtudes necesarias en los edificios que sintetizan la arquitectura del último siglo y el muro cortina como solución constructiva es su máximo exponente por ello su evolución hacia una complejidad de combinaciones muchas de ellas basadas en las exigencias derivadas de la energía.

Efectivamente la energía ha sido y es uno de los motores de la evolución tanto de la concepción de los cerramientos con parasoles o dobles pieles, de los sistemas de muro cortina o de fachada ventilada con los perfiles con rotura de varias cámaras y comportamiento energético reforzado o los componente con uso extensivo del triple acristalamiento y de los acristalamientos aislantes y alta selectividad.

Los automatismos y la sofisticación del funcionamiento de las fachadas se está generalizando en aras también del control energético y del confort de los ocupantes y fundamentalmente como muestra de calidad de la propuesta arquitectónica lo que supone nuevos retos de la integración de aplicaciones informáticas con unos niveles de sofisticación que con los ritmos tan diferentes de evolución pueden estar caducando antes de su implementación.

Finalmente hay que tener en cuenta otro de los retos permanentes de la industria, el constante crecimiento de los formatos de fabricación. De tamaños y proporciones inimaginables hace una década, son ahora formatos asequibles por industrias de segunda fila y en consecuencia son aplicables a arquitecturas de dotación económica relativamente baja, y el paso siguiente es la generalización y la evolución. La industria sigue ofreciendo respuesta a propuestas que van superando continuamente los límites establecidos.

7.3. Fachadas multifuncionales. FMF. La doble piel.

La arquitectura de hoy se construye con luz, que es sinónimo de transparencia y de ligereza, las fachadas en general son combinaciones de filtros y capas reflectantes, transparentes y translúcidas que separan y tamizan el interior del exterior.

El material de base suele ser el vidrio del que hay que destacar sus variables de la forma, como su textura, brillo, color, reflexión o transparencia y también son la luz, la sombra, la forma y color de la luz y de la sombra que generan.

Construir con la luz es construir arquitecturas con materia ingrátida, tal vez inmaterial, por ello la luz de día y de noche, luz natural y artificial, los espacios generados, los intercambios, el brillo, la reflexión entre pieles, las imágenes del entorno y la percepción del objeto con su interior habitable; “niebla y evanescencia” en palabras de Jean Nouvel.

La utilización de cerramientos de fachada de dos pieles, con elementos de control solar y canal de aire, es habitual en obras singulares de nuestras latitudes, con el objetivo de mejorar las prestaciones del edificio y el nivel de confort del usuario y por otra parte, mostrar el desarrollo de la tecnología en el campo de las fachadas ligeras.

La continua evolución de las propuestas arquitectónicas y sus soluciones constructivas combinada con la mejora de prestaciones de los componentes de la fachada implica también un mayor nivel de desarrollo de los proyectos y de los estudios complementarios.

Doble ventana.
Ministerio de Sanidad madrid antes de su remodelación.



Es necesario plantear los intercambios de luz y energía a través de las envolventes del edificio, no exentos de factores de riesgo, que se deben conocer y considerar, comprobar y validar con diferentes niveles de simulación numérica disponibles en la actualidad, para obtener información fiable y optimizar los recursos formales y materiales.

En este capítulo se exponen, de modo eminentemente práctico, aspectos de diseño y de construcción de los cerramientos de fachada multifuncional, basados en la experiencia profesional de este autor, como consulto de fachadas, en colaboración con diferentes estudios de arquitectura. Se pretende revisar el funcionamiento de las fachadas de doble piel de alta complejidad visual y técnica, contemplando sus principios, tipologías, detalles constructivos y sistemas de montaje y puesta en obra.

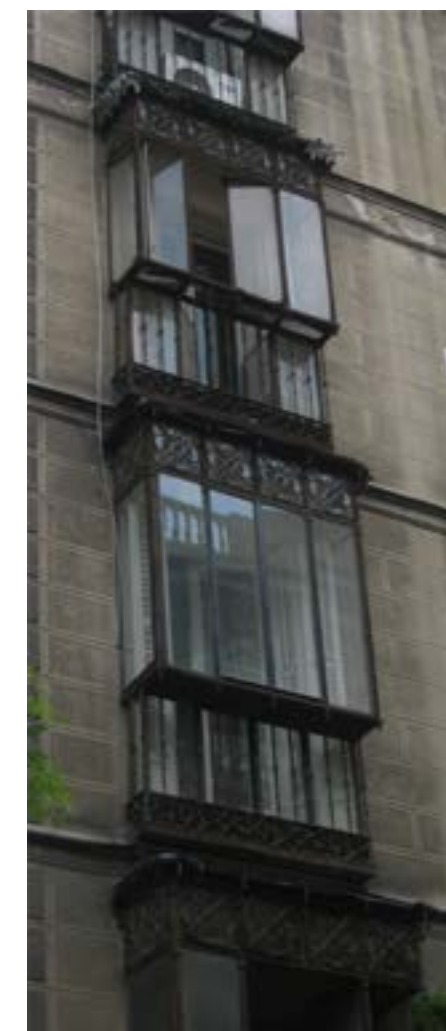
7.3.1. Evolución.

Podríamos convenir, con muchos matices y a grandes rasgos, en que la evolución del muro cortina en cuanto a técnica se ha desarrollado a lo largo de más de cien años desde los primeros caos en los que la fachada es un cerramiento ligero, que se desprende y pasa por delante de los forjados, la modulación y la trama es muy evidente. Los planos de fachada, ya no se corresponden con el hueco del interior, la fachada no es portante y estructural, la retícula tiene que ver con los formatos de los materiales con los que se construye y los edificios en altura se distinguen unos de otros, sólo por su silueta y sus volúmenes, el vidrio reflectante no se aplica.

Años más tarde, hacia los 60 en una segunda fase, con el auge de la industria los sistemas de perfiles y prefabricados ya pueden obtenerse formatos mayores, con el desarrollo de las extrusiones de aluminio, la tecnología de los sellantes y aislantes y fundamentalmente con la tecnología del vidrio la evolución es total.

Las fachadas mejoran en prestaciones y se integran con los sistemas de climatización y el balance energético es una de las variables más determinantes. Inicialmente con los vidrios de color, después con la reflexión del vidrio de capas y posteriormente buscando la transparencia del vidrio para el control energético, es posible minimizar hasta casi hacer desaparecer la retícula, el plano de fachada es lo importante y el concepto de interior y exterior entra en crisis. Se tiende a cerramientos que son “sólo” el límite físico que permiten observar con claridad lo que pasas a ambos lados del cerramiento. Aparecen las propuestas de vidrio con carácter estructural, los cables, las rótulas y las costillas de vidrio.

Desde los primeros 90 hasta hoy, las fachadas ligeras incorporan la silicona estructural, los vidrios taladrados y los elementos estructurales más sofisticados son soluciones convencionales y especialmente las de doble piel o multifuncionales, son de una complejidad visual funcional y tecnológica creciente, complicadas por las múltiples capas de transparencia y de reflexión, con elementos de control lumínico y solar integrados, son la máxima expresión de la evolución de una técnica.



Balcon y tribuna en Madrid.



Doble ventanal en Berlin.

Las fachadas acristaladas se cruzan, se inclinan y convierten en cubiertas, se generan atrios interiores y espacios completamente exteriores tratados con cerramientos acristalados integrados en el edificio son condicionantes del sistema estructural y de la climatización.

Formal y conceptualmente la fachada se plantea como un elemento con entidad propia desde el inicio del proyecto y en el caso de las fachadas multifuncionales o de doble piel, el canal de aire que se genera entre las capas, se convierte en un elemento determinante en el funcionamiento y en las prestaciones de la fachada.

Los grandes formatos, la minimización de los elementos de soporte, la complejidad geométrica, estructural y funcional, junto con la energía son variables determinantes del diseño de las envolventes.

Las dobles pieles también se han planteado en paralelo a la de los materiales y las soluciones técnicas de los muros cortinas o fachadas de una sola hoja y por tanto su evolución en el tiempo es prácticamente la misma.

El fundamento de la doble piel es el uso de la cámara de aire entre las dos hojas y tiene un papel bien diferente en cada caso, se trata de un elemento activo regulado por la convección del aire, concebido como parte integral del acondicionamiento del edificio.

Esto ocurre desde los primeros años del siglo anterior en casos como el proyecto de Rudolf Fischer para la Fábrica Steiff de Giengen en 1903 y posteriormente con el “muro neutralizante” de Le Corbusier, fracasado en laboratorio por la falta de control del aire del sistema, aunque sentó las bases de la evolución posterior.

Muchas realizaciones se derivan del comportamiento del aire en el canal, una muestra de la innovación de finales de los años 20, se puede apreciar también en el Gartenbad de Fechenheim, de 1927. La obra para uso de los trabajadores residentes en la zona de las factorías de la industria pesada, fue una de las más modernas piscinas cubiertas del período entreguerras.



Piscina en Fechenheim.
Martin Elsaesser. 1927.

La fachada multifuncional proyectada por Martin Elsaesser de Frankfurt, es una clarísima aplicación de conceptos básicos de la doble piel de vidrio, no solo por la transparencia o por la ligereza de las dos hojas acristaladas, sino por sus principios funcionales de ahorro de energía. En esta obra se aprovecha la configuración de la doble fachada para recuperar o liberar el calor mediante la recirculación del aire del canal entre las dos pieles y su integración con el sistema de climatización del edificio. Elsaesser en el mismo periodo y también atraído por los beneficios de la luz natural construyó uno de los más grandes edificios de la época en Alemania, el Grossmarkthalle de Frankfurt en el que numerosas fachadas acristaladas combinadas con lucernarios iluminaban el interior de la gran nave del mercado central.

El mismo planteamiento y el mismo concepto de fachada multifuncional, utilizado en el balneario, se utilizó setenta años más tarde para la fachada del rascacielos de la compañía eléctrica RWE de Essen. El estudio alemán de Christoph Ingenhoven diseñó en 1997, un sistema compacto de muro cortina denominado “boca de pez” con una evidente complejidad y sofisticación de la doble piel y del nudo de la estructura, instalaciones y cerramiento. Este tipo de soluciones con control individualizado desde cada estancia interior, afortunadamente ha evolucionado de nuevo hacia la racionalización y la simplificación.

El siguiente paso es revisar su integración con los sistemas de instalaciones, buscando sistemas más activos. En primer lugar, independizar ventilación y climatización, incluso sustituyendo la instalación de enfriamiento de aire por soluciones de techo o suelo frío, con o sin impulsión de aire a su través, tal y como se practica ya en Centroeuropa. O ligar el canal de aire a la instalación de acondicionamiento: esto último se produce por primera vez en la Lloyds de Londres de Richard Rogers en 1986, donde el aire de la cámara se conecta al retorno, conjuntamente con el de las luminarias, a una central de recuperación de calor.

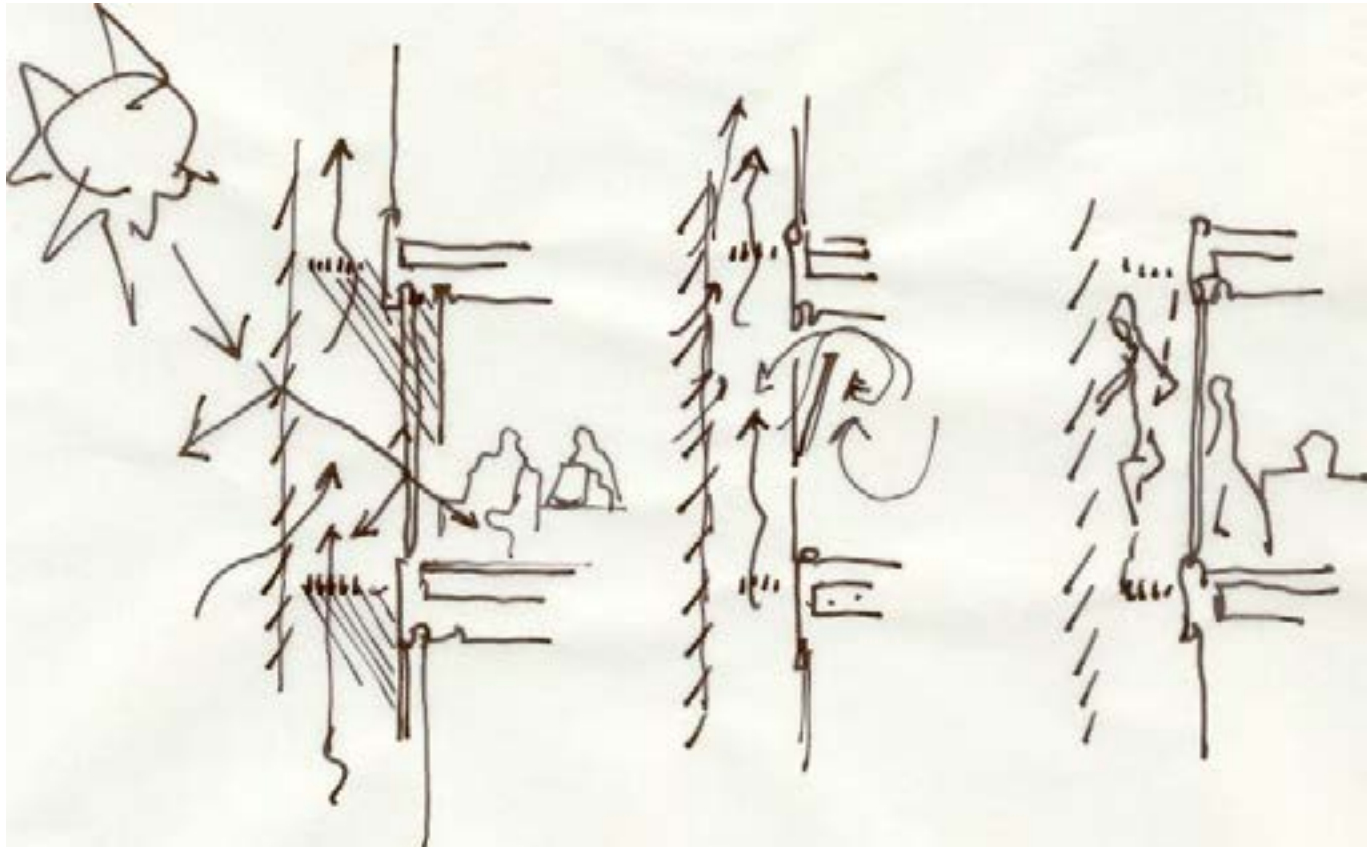


Visión general y detalle de la Sede de RWE en Essen.
Christoph Ingenhoven. 1997.



7.3.2. Funcionamiento y principios.

La arquitectura vernácula, como ocurre siempre, nos aporta experiencias adaptadas a la capacidad de construir y las necesidades en función de la climatología, de la luz y de las necesidades de habitabilidad de cada lugar.



Esquema de componentes básicos de la fachada de doble piel.

El punto de partida del funcionamiento y las prestaciones de la fachada multifuncional y sus fundamentos, se pueden encontrar en cualquier paseo por las ciudades y pueblos del centro de Europa, en las que por las necesidades del rigor del frío, se han desarrollado espontáneamente dobles ventanas en las fachadas, ambas practicables, unas de ellas en la cara interior del hueco y otra en la cara exterior, combinada con otros elementos de control lumínico y solar en el exterior, en la cámara entre ventanales o en el interior del edificio.

Con la sabia combinación de las prestaciones de los dos cerramientos, se puede obtener notables mejoras en aislamiento térmico y acústico, estanqueidad al aire y al agua, sin perder luz, pudiendo ventilar el interior incluso en los días de lluvia y nieve.

En las calles de Berlín, Londres o Madrid podemos ver los más sencillos ejemplo de dobles ventanas y balconeras así como una primera evolución de la tribuna corrida con dobles ventanas de madera o de unos sencillos perfiles de acero combinando practicables batientes y de guillotina, con cortinas en el interior de la cámara y otras en el interior del edificio, lo que posibilita numerosas combinaciones de regulación de la ventilación, vistas del interior, aportaciones del sol etc., la doble ventana permite aumentar fácilmente la eficacia de cada una de ellas y en todo caso ganar un mínimo espacio habitable entre las dos.

Convenientemente adaptadas y actualizadas a las condiciones de entorno, son modelos que se aplican perfectamente, en obras de toda escala como las que vemos en su más reciente evolución con otros materiales ligeros como aluminio, acero, vidrios de capas, elementos textiles, y sistemas de control manual o automático.

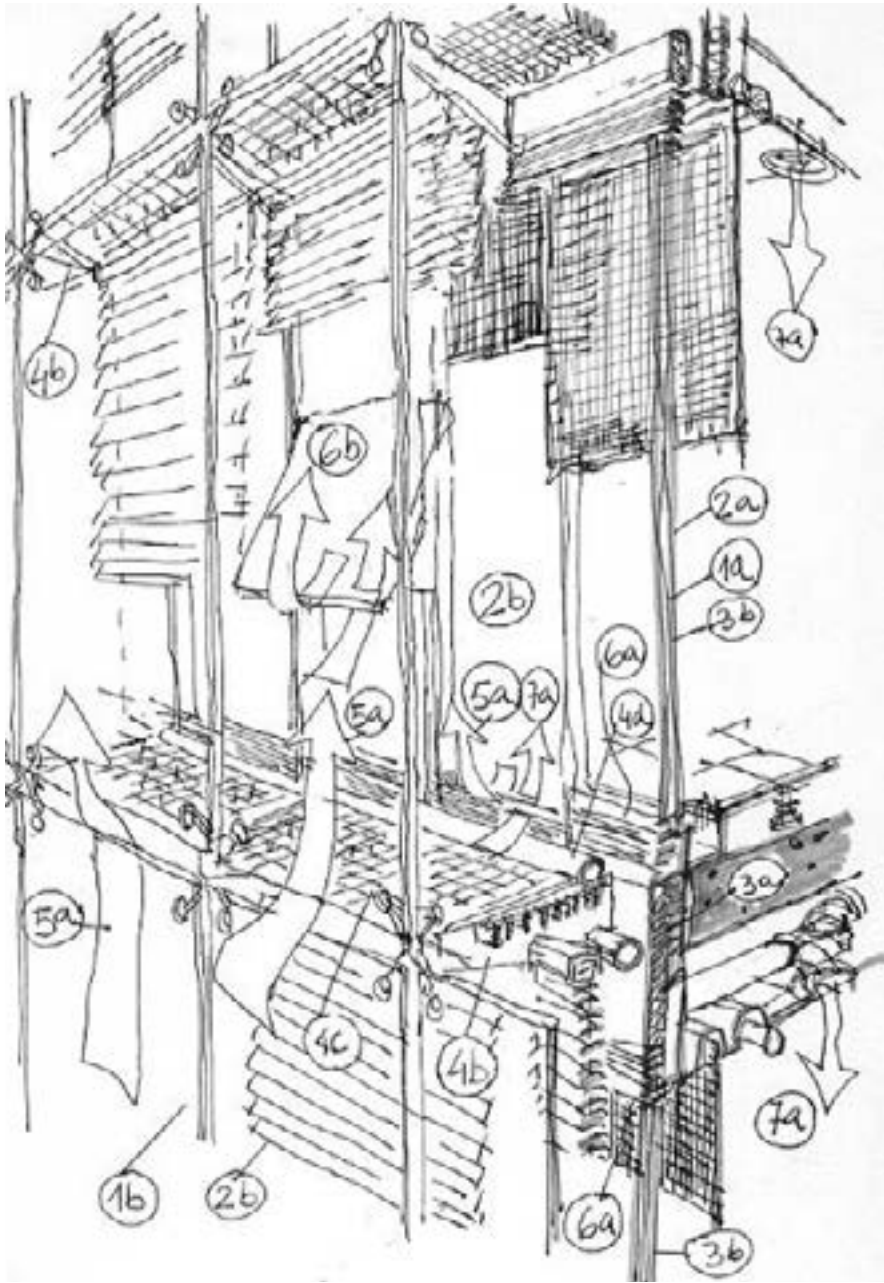


Desde sus orígenes de los primeros muros cortina, hasta llegar a las fachadas multifuncionales de hoy, han evolucionado incrementando las prestaciones y en todo caso mejorando la calidad y las condiciones de habitabilidad del usuario.

En un cerramiento de fachada acristalada o muro cortina convencional, se confían todas las prestaciones a una única piel compuesta básicamente por acristalamientos y paneles, con elementos fijos y practicables, con los elementos de control lumínico en el interior. Añadimos unos sistemas de control solar por el exterior con lamas horizontales retranqueos o aleros, elementos que generan sombra, que con sus soportes sirven también como pasarelas de mantenimiento.

Por el exterior del plano de la fachada convencional, se montan los sistemas de control solar, con lamas verticales u horizontales, pasarelas o aleros, elementos generadores de sombra, de tal forma que combinan un sistema de piel exterior para proteger a la interior. La separación entre pieles genera un canal, de aire que aporta sus ventajas e inconvenientes desde todos los puntos de vista, los elementos de control lumínico y solar en algunos casos se disponen entre ambas pieles y en otros en el interior o en el exterior del edificio.

Oficinas para GSW.
Berlín 1991 - 1992.
Sauerbruch & Hutton Architects.



Esquema genérico de fachada multifuncional.

Por definición, la fachada multifuncional, se considera cualquier combinación de “pieles” y sistemas, que utilicen el aire del canal y que en determinados casos permite el control del aire que circula por el espacio resultante entre las dos hojas. En todo caso, las pieles y el canal han sido el punto de partida de la concepción general de la fachada, de la estrategia de climatización y del edificio en general. Proyectamos un sistema de fachada que tiene en sus previsiones de resultado del comportamiento del edificio, la aportación de las dos pieles y del aire de canal. Mejora del rendimiento de la fachada desde el punto de vista energético, mejor confort del usuario con ventilación natural de cada uno de los niveles etc... Al añadir esta segunda piel, en la cara exterior o la interior de la piel aislante, se produce un intercambio de aire entre el exterior y el interior del edificio y de la cavidad.

Por tanto las fachadas de doble piel tienen tres componentes fundamentales:

- Piel interior.
- Canal de aire.
- Piel exterior.

Las múltiples combinaciones de composición y características de estos tres elementos se pueden clasificar ordenando las siguientes cinco variables:

• Origen y destino del aire del canal

- Exterior-canal-exterior.
- Exterior-canal -interior.
- Interior-canal –interior.
- Interactive Wall.
- Active Wall.
- Interior-canal-exterior.

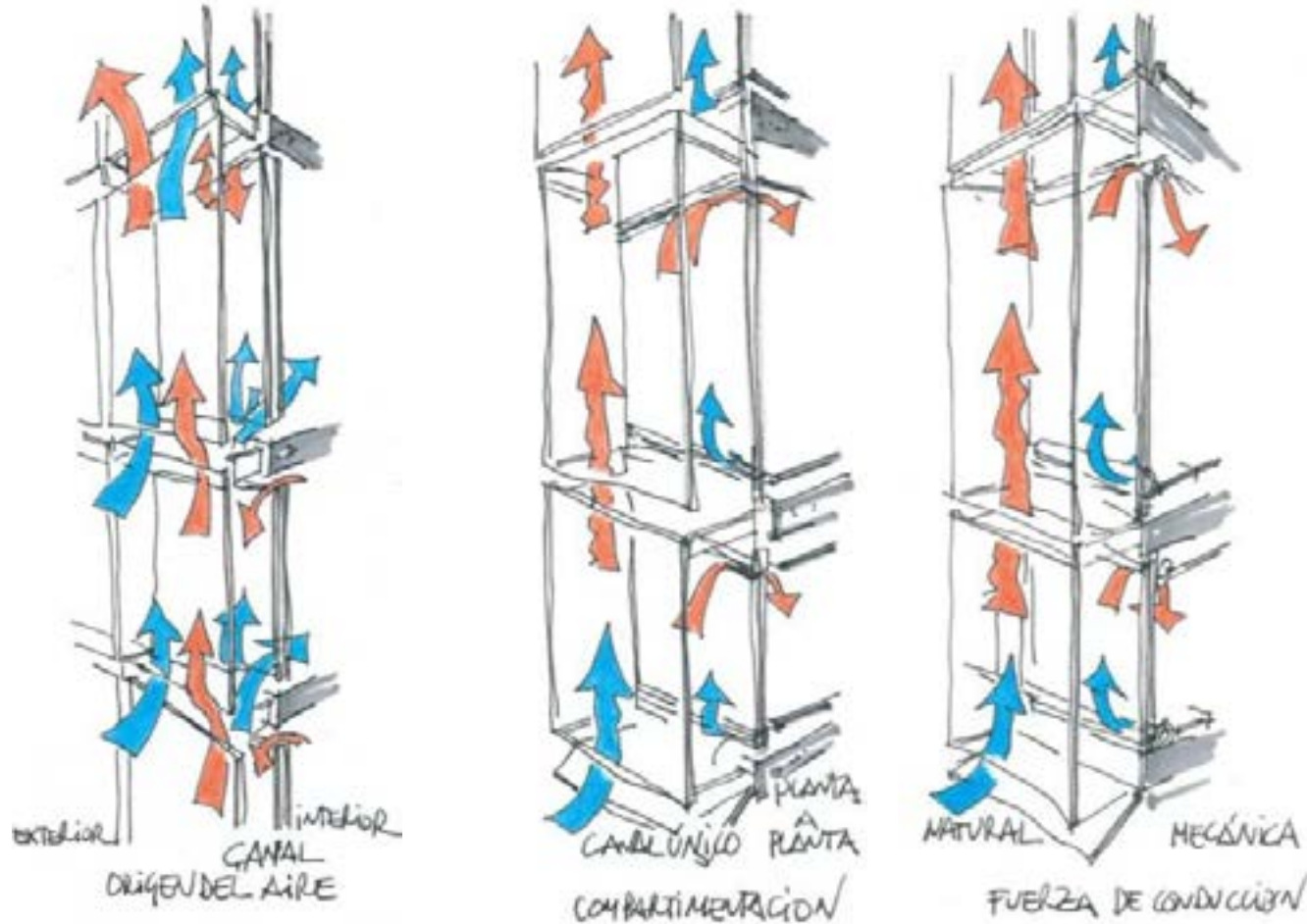
• Fuerza de conducción del aire

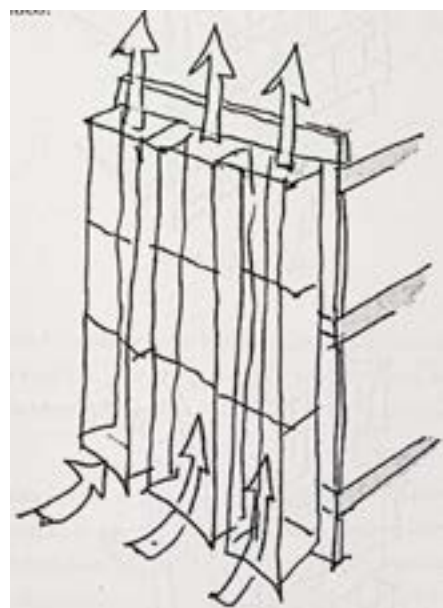
- Convección natural.
- Mecánica.
- Impulsión.
- Extracción.

• Ventilación del canal

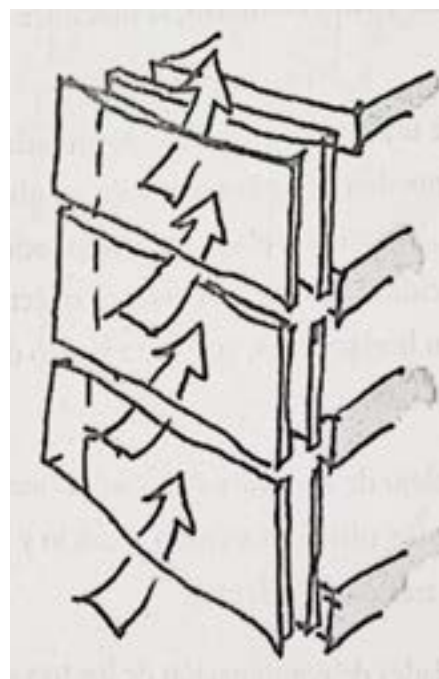
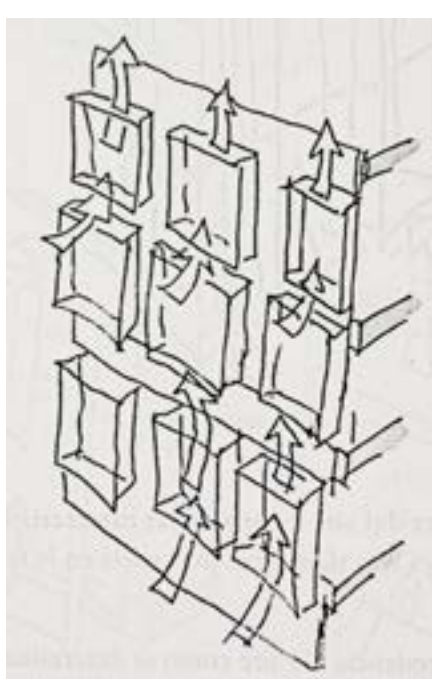
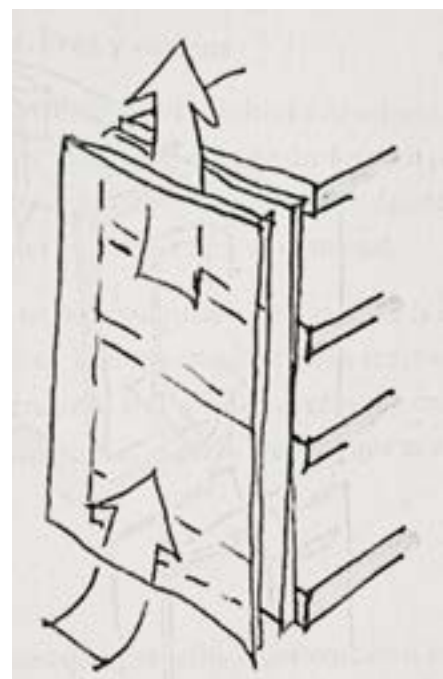
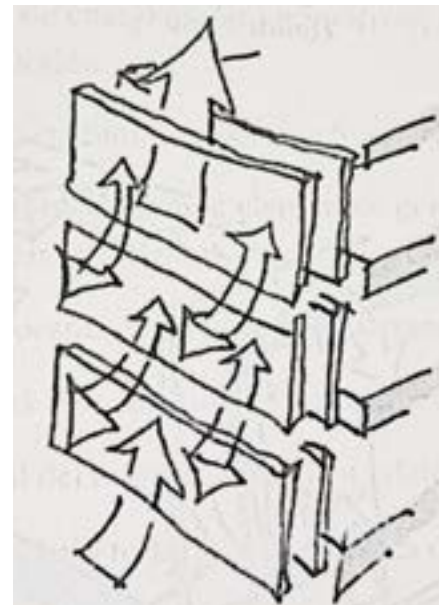
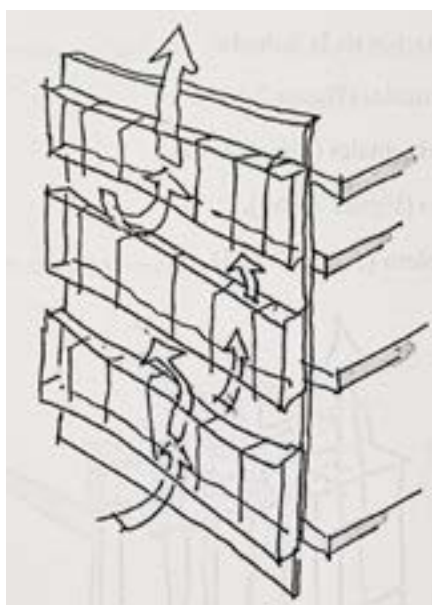
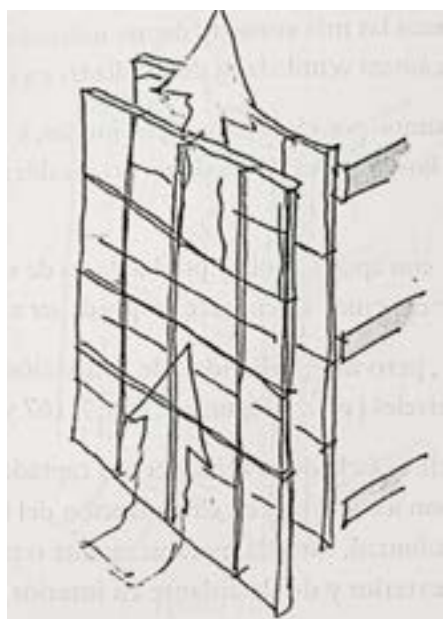
- Permanente.
- Regulable.

Esquema genérico de fachada multifuncional.





- **Compartimentación del canal**
 - Vertical
 - Un único sector
 - Tramo a tramo
- **Compartimentación horizontal**
 - Un único sector
 - Tramo a tramo
 - Sin compartimentación
 - Un único sector
 - Box individuales
- **Posición del sistema de control solar**
 - En la hoja exterior
 - En el canal
 - En la hoja interior
 - Combinación con la piel interior

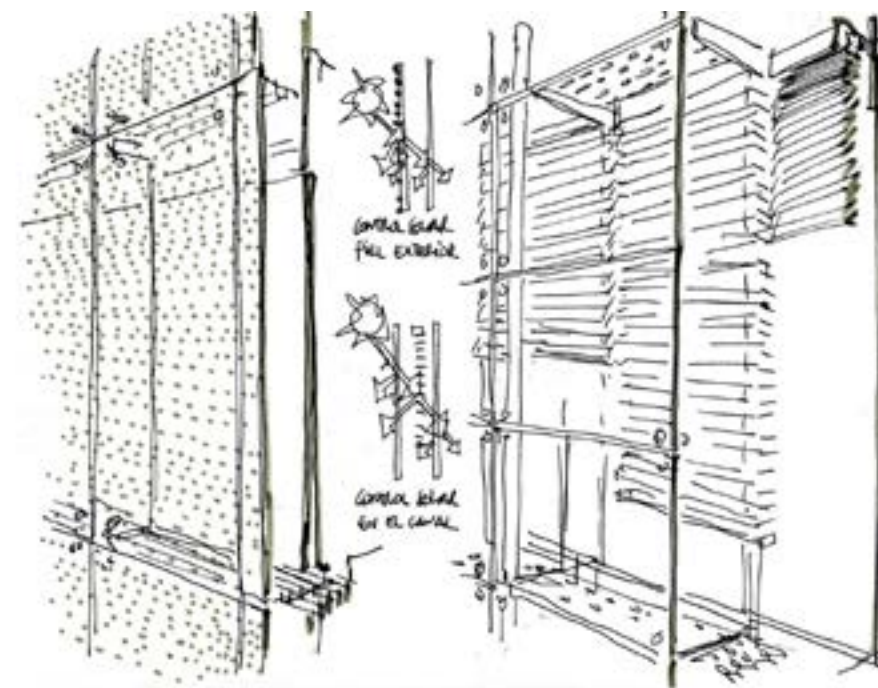
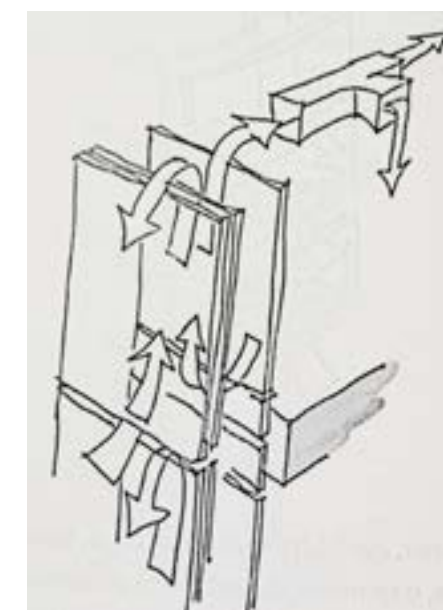
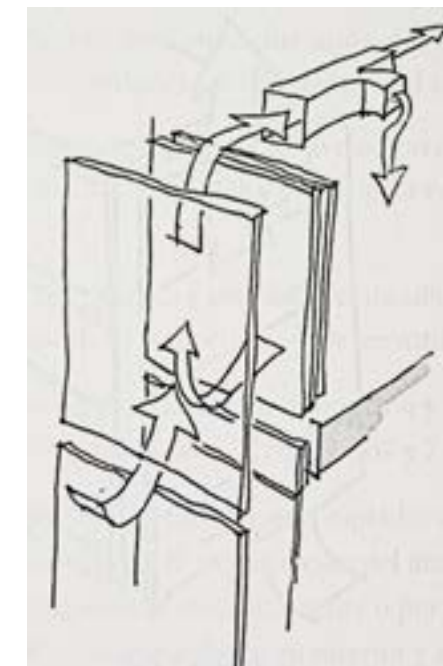


• Posición del doble acristalamiento

- En la hoja exterior
- En la hoja interior

La casi ilimitada combinación de elementos y sus variables tiene como más habituales las siguientes opciones:

- El canal es único, con aportaciones desde la parte inferior de la fachada y posibilidades de salida de aire en la parte superior del canal. La convección puede ser natural o forzando el intercambio de aire mediante extracciones en la parte superior.
- El canal se interrumpe por elementos en cada nivel y recibe aire del exterior en cada uno de ellos, a través de módulos practicables en vertical o en horizontal.
- El canal es único pero hay posibilidad de aportación y salida de aire desde cada uno de los niveles.
- El aire del canal de la fachada, se utiliza como captador o liberador de energía combinado con los sistemas de climatización del interior del edificio.
- Si extraemos o no, a voluntad, mecánicamente o por convección natural, el aire del canal, ahora el cambio es sustancial, ya que están previstas las ganancias o pérdidas a través de la fachada.
- Vidrio simple en exterior y doble aislante en interior y aportaciones de aire del exterior a través de las discontinuidades entre módulos. Los elementos de control solar, están integrados en la piel exterior, en el canal o en la piel interior.
- El siguiente paso en la evolución, es integrar completamente los sistemas de climatización en la fachada o al revés, considerar como parte del sistema de climatización el propio canal de aire entre pieles, con aportaciones de aire del exterior “tratado” en el canal, liberando energía hacia la climatización, o aprovechándola como un elemento de captación de calor. En este caso el vidrio simple se instala en el interior y el doble aislante, en el exterior.



7.3.3. Prestaciones.

Determinada la voluntad del arquitecto de solucionar el edificio con un cerramiento de fachada de doble piel, antes de darle la forma al proyecto, hay que valorar las ventajas e inconvenientes de cada una de las opciones.

Las prestaciones en general son de tipo económico, técnicas, formales y de confort, en base a estos cuatro parámetros se pueden resumir los “Pros y Contras” para acercarnos al final de la fase de diseño del proyecto.

Son prestaciones fácilmente abordables con un planteamiento global de la fachada. Aunque no son equiparables en cuanto a la repercusión y transcendencia que pueden tener los diferentes temas que se relacionan a continuación.

7.3.4. Pros y contras.

Cada contra tiene un pro, por tanto sería conveniente conocerlos para tratar de potenciar los aspectos positivos y de minimizar los inconvenientes que pudiera ocasionar cada uno de los parámetros:

A- Pros.

- Mejores prestaciones energéticas que una fachada convencional de una sola piel.
- Excelente aislamiento térmico.
- Buenas ganancias de energía solar en invierno, con la posibilidad de reducir las cargas de calefacción.
- Ahorro energético en climatización
- Ahorro energético en refrigeración.
- Posibilidad de incorporación de elementos generadores de sombra de diferentes características en cuanto a maniobra y control.
- Posibilidad de colocarlos en la cámara y aumentar su durabilidad.
- La piel interior está más abrigada de las incidencias climatológicas.
- Los elementos estructurales del que están en el canal están protegidos de la radiación directa del clima exterior en verano e invierno.
- Ventilación natural del interior a través de ventanas o de aireadores incluso en edificios en altura.
- Ventilación natural del interior del edificio en todas las condiciones climatológicas.
- Mejor aislamiento acústico global debido a las dos pantallas.
- Mejor comportamiento acústico de la piel interior al estar protegidas por la exterior.
- Mayor confort con posibilidad de intervención ambiental del usuario.
- Control de la iluminación interior.
- Control de deslumbramiento
- Control y uso de la luz exterior.
- Menor riesgo de pared fría, con el consiguiente mejor uso del perímetro de la planta.
- Color de la luz transmitida al interior más neutro.
- Movimiento de los elementos del cerramiento.
- Participación y contacto de las vistas del exterior.

- Privacidad y control de las vistas, para observar sin ser visto.
- Eliminar el efecto pecera.
- Posibilidad de aumentar o disminuir la temperatura del interior.
- Posibilidad de aumentar la velocidad y temperatura del aire.
- Posibilidad de renovación de aire del interior, con aportación de aire fresco del canal o directamente del exterior, por los practicables.
- Reducción del uso de la iluminación artificial.
- Control del exceso de luz si es molesto en deslumbramiento directo o por reflexión, para los equipos informáticos
- Color de la luz sin alteración por filtros intermedios.
- Anticipación e implicación en el proyecto de todos los agentes que intervienen.
- Integración de los sistemas en fachada, estructura, instalaciones y climatización y arquitectura interior
- En determinados sistemas de FMF, posibilidad de compartir costes con instalaciones de climatización. (HVAC).

B- Contras.

- Alto coste de inversión.
- Alta complejidad técnica para soluciones particulares.
- Todas las fachadas son prototipos.
- Mayor superficie y volumen global ocupado.
- Mayor peso y esfuerzos estructurales por el voladizo y las dos pieles.
- Riesgo de errores de difícil solución cuando se detectan.
- Riesgo de sobrecalentamiento especialmente en verano y si falla algún sistema.
- Mayor coste de mantenimiento y puesta a punto de los sistemas.
- Riesgo de puentes acústicos en vertical y horizontal.
- Riesgo de condensación en la piel exterior.
- Necesidad de medidas adicionales de protección al fuego y al humo.
- Mayores costes de mantenimiento, al tener cuatro superficies en lugar de dos a pesar de que, las tres interiores son accesibles con mayor facilidad y la interior está más protegida, por otra parte la interior tiene una frecuencia de mantenimiento menor.
- Mayor plazo de estudios, test y ensayos para una correcta toma de decisiones.
- Mayor incertidumbre de los resultados, desde el punto de vista de las prestaciones y de la forma.
- Mayores incertidumbres en cuanto al comportamiento fluido dinámico del canal por la presencia de elementos estructurales, pasarelas de mantenimiento, elementos de limpieza, o simplemente por las aportaciones de aire del interior del edificio.
- No existen soluciones estandarizadas, debido a la gran cantidad de variables a manejar.
- Dificil previsión de efectos del humo y el fuego, y dificultad de acceso para bomberos a través de la fachada.
- Mayores posibilidades de desajuste del sistema cuanto mayor sea el grado participación del usuario.
- Dificil previsión de las consecuencias y de la incidencia de la apertura de elementos practicables en el canal, ya sea en la piel interior, en la exterior o en ambas.

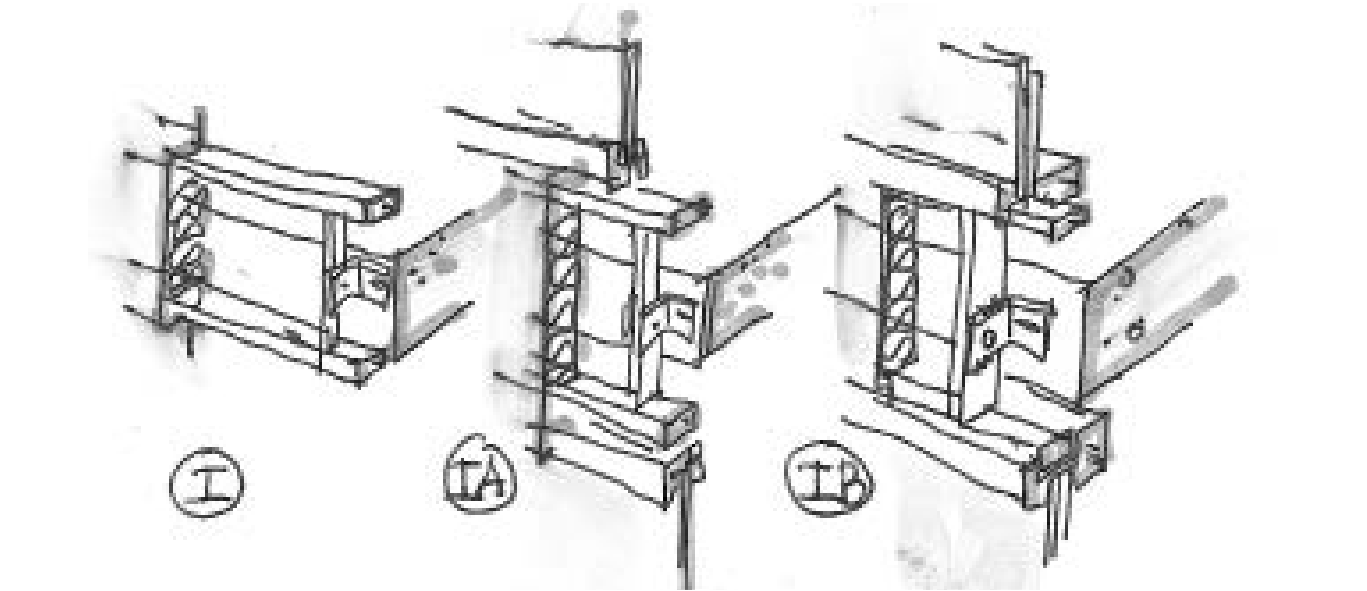
7.3.5. La construcción de la doble piel.

Si ya es una tarea complicada analizar, seleccionar y agrupar las soluciones constructivas para clasificar las fachadas ligeras y los muros cortina, cuando tratamos la doble piel el problema es mucho mayor. Sin embargo en este trabajo de investigación se trata de estudiar y ordenar dieciocho casos proyectadas desde el año 2000, en las que este autor ha participado como consultor, catorce de ellos construidos uno en fase de prototipos y el otros dos con el proyecto terminado y sin progresar la construcción. Se pretende mostrar cómo se ha armado el detalle constructivo para una solución coherente con la técnica y la forma del edificio. Se han añadido dos casos más de doble piel compacta, que si bien desde el punto de vista de la construcción son similares a muchos otros sistemas convencionales de muro cortina modular, son muy interesantes desde el punto de vista de la integración funcional de la doble piel en el sistema de climatización del edificio.

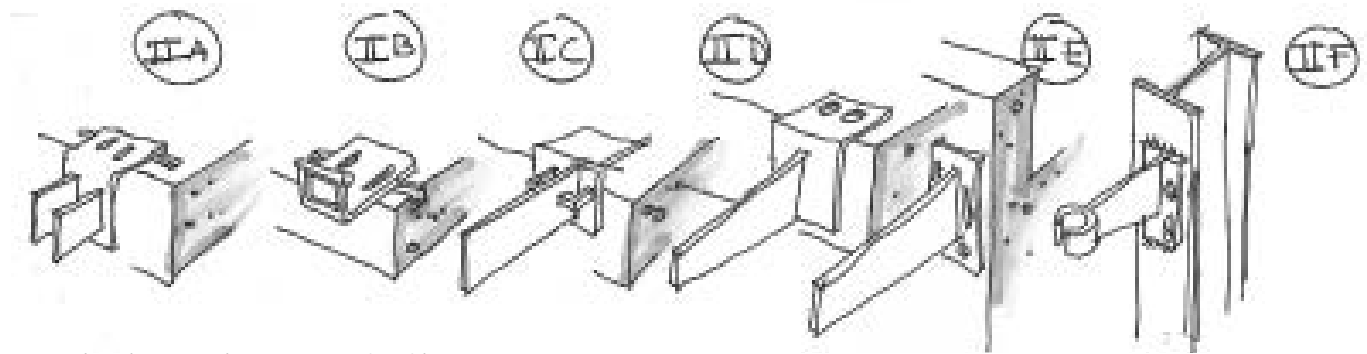
Hay que destacar que el recurso de la doble tiene tantas formulaciones posible como uno sea capaz de imaginar y de combinar adecuadamente los materiales, la geometría el concepto de general de la fachada y de cada una de las pieles. Se limitan los casos en los que se ha participado en el desarrollo del proyecto y por tanto se conocen de primera mano considerando solamente las dobles pieles de vidrio, dejando a un lado las dobles pieles en las que la hoja exterior es metálica, de composite, de cerámica, vegetal o de piedra. Desde el punto de vista constructivo la doble piel tiene las dificultades de los sistemas convencionales a los que hay que sumar las interferencias de los elementos de soporte de la piel exterior y de los elementos que se colocan entre las 2 pieles. De esta cantidad de variables y sus permutaciones posibles resulta una enorme dispersión. Muestra de ello son los casos estudiados en este trabajo, tal como se ve en los croquis se pueden clasificar por cinco cuestiones diferentes.

Se puede concluir a la vista de los diecisiete casos de referencia del cuadro resumen, que las permutaciones de elementos no solo dan como resultado arquitecturas de imagen completamente diferentes, que podría ser obvio, si no que nunca se repite la combinación de sistemas y de componentes, siendo por tanto cada ejemplo un caso único.

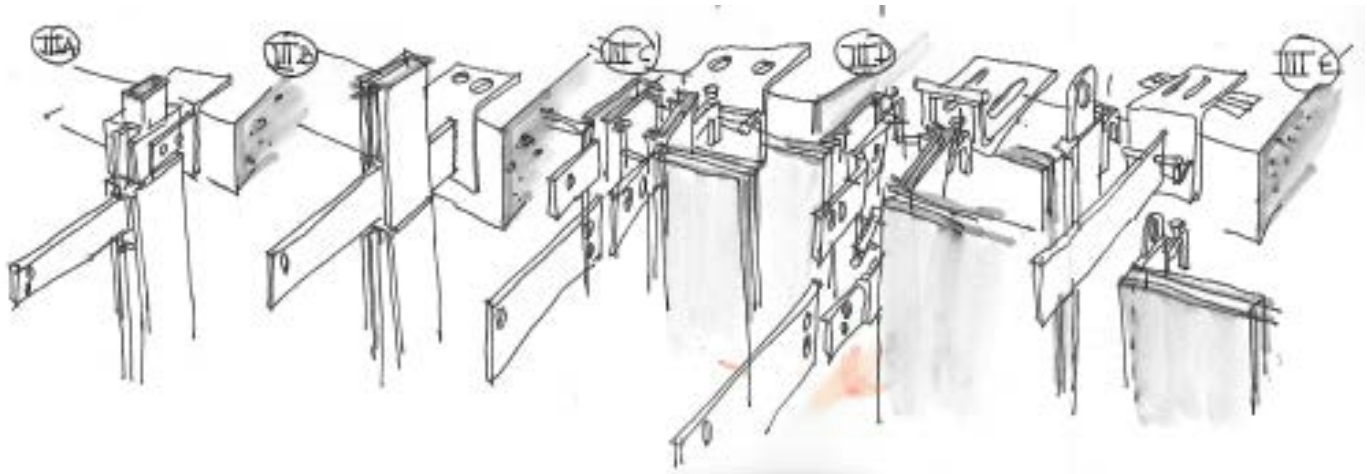
- Sistema de cerramiento de la piel interior.
 - Entre forjados.
 - Ventanal corrido (Carpintería convencional).
 - Muro cortina.
 - Modular.
 - Stick.
- Pasante.
 - Muro cortina.
 - Modular.
 - Stick.
- Sistema de anclaje.
 - Cerramiento y ménsula independientes.
 - Ménsula + muro cortina.
 - Anclaje común.
- Posición relativa ménsula perfilería.
 - Stick.
 - En el interior, pasante a través del perfil del muro cortina.
 - Desde el forjado pasante a través del perfil del muro cortina.
 - Modular.
 - En el interior, pasante a través de los perfiles del marco del muro cortina
 - En el lateral de los perfiles del marco muro cortina modular.
 - Desde el forjado pasante entre los 2 módulos contiguos.
- Sistema de soporte de la piel exterior.
 - Retícula.
 - A 4 caras.
 - A 2 caras.
 - Soporte parcial.
 - Puntual.
 - VEA.
 - Patch Fitting.
 - Sin retícula.
 - Puntual.
 - VEA.
 - Patch Fitting.
- Sistemas compactos.
 - 2 pieles integradas en el sistema de MC Modular.
 - 2 pieles combinando carpintería en interior y marcos par soporte de piel exterior.



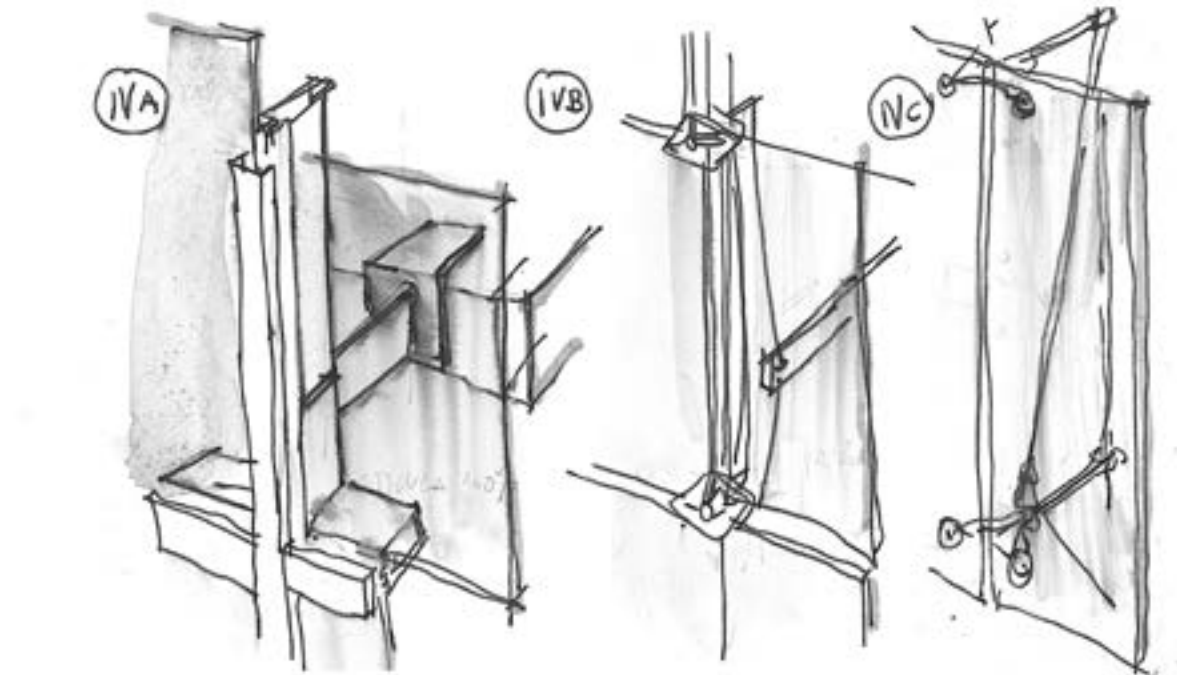
Esquema de los soportes y anclajes entre forjados para ventanal corrido con perfil de carpintería convencional y muro cortina stick.



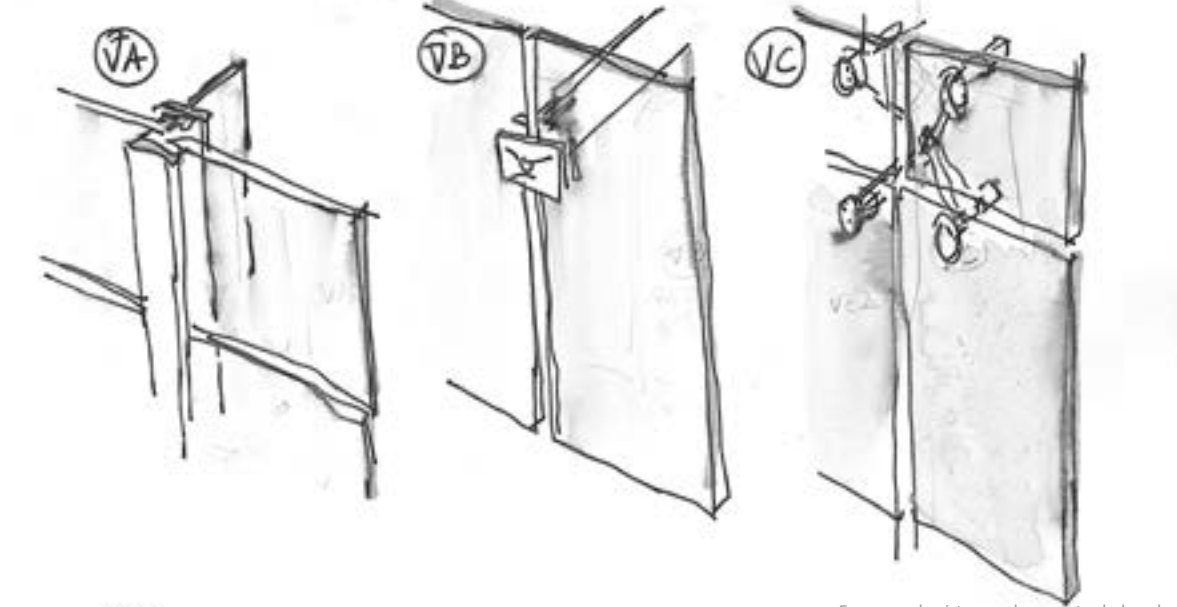
Esquema de anclajes separados para muro cortina stick, modular y para soportes de ménsulas para piel exterior.



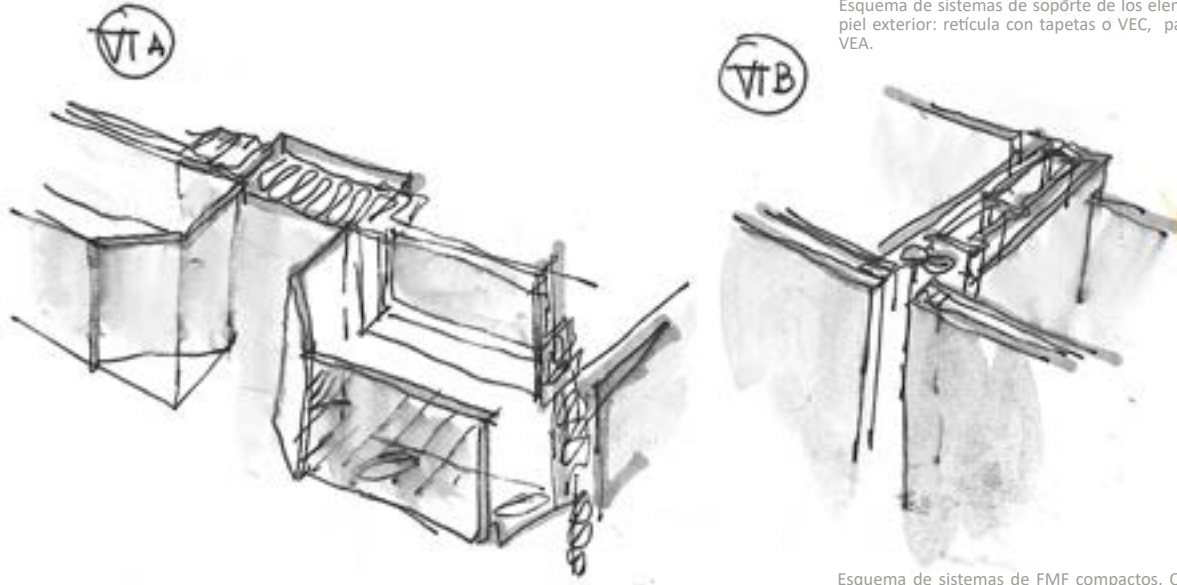
Esquema de anclajes comunes para muro cortina stick, modular y soportes de ménsulas para piel exterior.



Esquema de sistemas de soporte de la piel exterior: retícula, soportes parciales,



Esquema de sistemas de soporte de los elementos de la piel exterior: retícula con tapetas o VEC, patch-fitting y VEA.



Esquema de sistemas de FMF compactos, Carpintería + panel y muro cortina modular.

[illegible]

En la decisión de la solución constructiva a aplicar en cada uno de los casos se imponen además de criterios formales los económicos y los de la técnica a emplear. Las múltiples opciones que se pueden plantear y que como en el caso de la Torre Agbar o de Szczecin pueden tener la misma imagen con técnicas de construcción muy diferentes no tiene límites.

Las cinco variables fundamentales planteadas en este estudio admiten la mayoría de ellas permutaciones tan válidas como la propuesta finalmente construida y por tanto la recomendación, como en todas las decisiones en el terreno de la técnica de la construcción, en igualdad de condiciones hay que simplificar, que es la manera de reducir riesgos y tratar de asegurar la calidad.

La estabilidad del conjunto se mejora con las fijaciones directas al forjado o al muro interior.

Por economía utilizaríamos siempre sistemas de carpintería convencionales formando ventanales corridos montados sobre rastreles.

Con el mismo sistema facilitaríamos la reposición de los vidrios de la piel interior, al haber menos interferencias con los componentes de la piel exterior, pero tendríamos las limitaciones de acceso desde el interior con grandes formatos de vidrio.

Para mejora el comportamiento del canal no colocaríamos las pasarelas de mantenimiento, pero con ellas facilitamos la limpieza.

Para simplificar y hacer menos evidente la piel exterior reduciríamos los elementos de soporte y a retícula, pero a la vez hemos de utilizar sistemas más sofisticados como las arañas del VEA o utilizar piezas visibles desde el exterior como con el “patch fitting”.

Si utilizamos anclajes solidarios del muro cortina con las ménsulas aseguramos con un único replanteo la colocación de las dos pieles, pero coartamos las posibilidades de regulación.

Si utilizamos un sistema que pase por el eje de los maineiles, nos obligamos a construir la fachada con sistema stick y puede que convenga por volumen de la obra utilizar un modular.

Pero el sistema modular tiene como inconveniente la estanqueidad ya que las ménsulas interrumpen todos sus niveles e incluso pueden modificar los canales de drenaje.

Si utilizamos sistemas de soporte de la piel exterior integrados en los marcos del modular, tendernos el problema multiplicado debido a la coincidencia de las juntas de estanqueidad y de las pletinas. El sistema deslizante de montaje hace literalmente imposible una correcta ejecución en obra, teniendo que recurrir a otros sistema de sellado oculto como son las bandas expansivas colocadas en los canales o a sellados in-situ.

Problemas que hay que abordar de inmediato desde la concepción del edificio para plantear las ventajas e inconveniente de cada opción porque en definitiva no hay una solución perfecta.

7.3.6. Resumen de variables de proyecto de las FMF.

Una vez estudiados los pros y contras, considerando el concepto de la fachada un sistema total integrado de edificio y sus fachadas, determinada ya la voluntad de solucionar la fachada con un cerramiento de doble piel, estudiaremos a modo de resumen las variables a considerar en el desarrollo del proyecto.

Asegurar la viabilidad constructiva.

Planteadas la configuración de la fachada valorar con precisión la compatibilidad estructural de los sistemas y las múltiples propuestas y variantes de soluciones.

Asegurar la viabilidad económica.

Conocidas las prestaciones que se han de obtener y las limitaciones de los sistemas, hay que definir los conceptos arquitectónicos de forma, estructurales y de climatización.

Deben ordenarse y coordinar los requisitos y con ello determinar el sistema de FMF y sus características. En este punto, hay que tener atención especial al lugar, a la orientación, localización geográfica, condiciones de entorno, geometría y volumen del edificio como criterio básico de la utilización de los sistemas y de las prestaciones de cada una de las fachadas, si hay errores de planteamiento y coordinación, el proyecto deberá replantearse de nuevo y en su totalidad.

Tantear una aproximación de coste económico y de la viabilidad constructiva, especialmente para justificar y compensar los sobrecostes con respecto de las fachadas de una sola piel, a cambio del ahorro energético y de la mejora de prestaciones entre otras ventajas.

Concretar las limitaciones económicas, de funcionamiento y de planificación del sistema.

Asegurar las aportaciones de aire.

Una vez determinado el tipo de FMF hay que estudiar la dimensión del canal y de sus aberturas al exterior y al interior del canal, así como los recorridos del aire desde y hacia el interior y el exterior.

Tratándose de una fachada de doble piel, en primer lugar, hay que considerar la idoneidad de la existencia del canal de aire como aportación al balance energético del edificio y para ventilación a través de las ventanas

No hay que olvidar que lo que esperan los usuarios de la ventilación natural no siempre coincide ni con los resultados ni con sus expectativas.

La apertura de ventanas de la piel interior puede producir alteraciones en la geometría y sección del canal al abrir hacia el exterior y hacia el interior, pudiendo generar remolinos y turbulencias no deseados que invaliden el comportamiento previsto. En paralelo se modifican también las cargas de aire acondicionado o calefacción del interior del edificio y en particular las cercanas a las fachadas. Se generan desde el interior hacia el canal o desde él hacia el interior, corrientes de aire de intensidad y frecuencia no deseadas.

Prestar atención a la dificultad de no mezclar el aire fresco con el exhausto produciendo serias distorsiones en el funcionamiento el sistema tal como se ha previsto.

Evitar o anular el sobrecalentamiento del canal:

Una vez determinado el tipo de FMF y su funcionamiento, ahora hay que estudiar la dimensión de las aberturas para aporte de aire al canal y sus sistemas de control y también hay que estudiar los límites de ganancia de calor previstos especialmente en verano y la manera de controlarlos para asegurar el confort interior en verano o las excesivas cargas de calefacción y refrigeración.

Hay que decidir el tipo de tejido del elemento de control solar, su maniobra o en su caso, el tipo de tratamiento de control solar del vidrio de la piel exterior.

Hay que considerar que el aire en reposo es el mejor aislante, por lo que el colchón de aire generado entre pieles debe estar controlado siempre.

Según las tipologías conocidas, decidir si el aire del canal circula por convección natural o con circulación forzada, y con su caso optimizar el uso de la corriente de aire del canal con aportaciones de aire fresco para el interior desde el exterior del edificio o del canal, o recirculado desde el canal hacia el interior sea planta a planta, o con un único canal para toda la fachada.

Controlar los riesgos de este tipo de construcción:

El fachadista constructor, debe participar desde el principio en las discusiones acerca de la fachada y las corrientes de aire y en la optimización fluido-dinámica del diseño.

Es una nueva evidencia de que los resultados positivos sólo llegan después de un trabajo coordinado para detallar las soluciones y encontrar sistemas prácticos y constructivamente aceptables en costes y producción.

Con anticipación, con la participación y estudio de los elementos básicos que componen los detalles, se obtienen diseños de calidad, estandarizables para cada obra y con ello las ventajas de la modularización y prefabricación.

Prever ensayos cálculos y test.

Para reducir el grado de incertidumbre de los resultados en fachadas que siempre son únicas, hay que dotar al proyecto de los recursos económicos y prever los plazos para cálculos ensayos y test y las posteriores adecuaciones.

Con ello se pretende asegurar las prestaciones Aero-físicas, energéticas, de confort y de imagen que se han previsto, con ensayos y estudios de los laboratorios para evaluación de las luminancias, el deslumbramiento, las aportaciones del canal en el balance energético de la fachada y la verificación del dimensionado e idoneidad del sistema de climatización del edificio.

Es conveniente continuar con los estudios posteriores y de control de resultados con el edificio en servicio, que permiten corregir las desviaciones entre las modelizaciones y los resultados de los cálculos numéricos y la realidad construida y mejorar el conocimiento empírico del funcionamiento de la FMF, y ganar en fiabilidad de las predicciones.

Comprender los beneficios y problemas que puede ofrecer una edificación con FMF asumiendo los pros y contras.

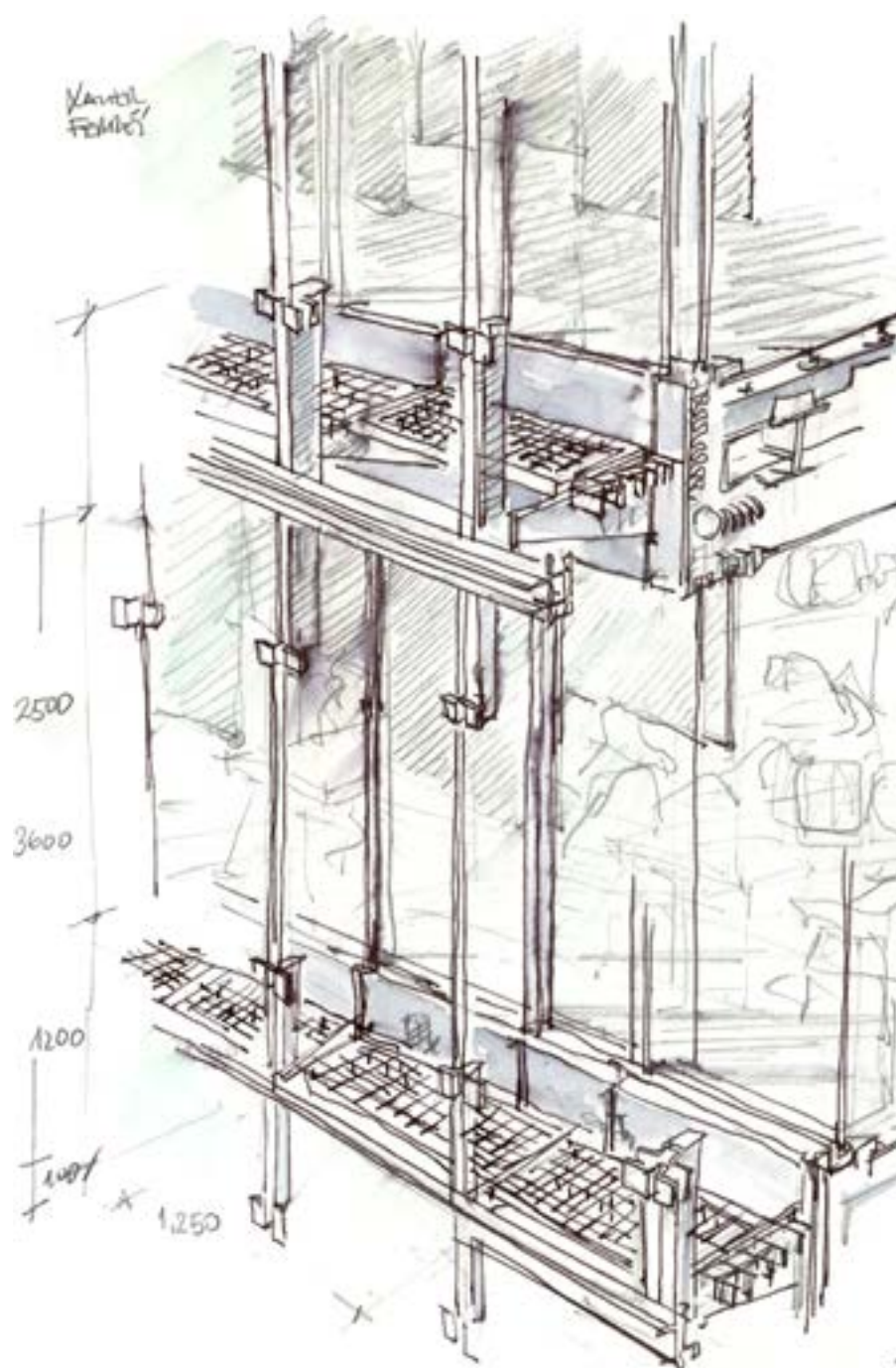
El usuario debe ser capaz de utilizar una fachada compleja que ofrece diferentes recursos, por lo que se deben considerar las diferentes condiciones climáticas, de orientación y de entorno, que hacen que la puesta a punto de cada tramo de fachada, sea una tarea compleja que no hay que menospreciar.



7.3.7. Tres casos de FMF.

Las obras de arquitectura de “autor” son proyectos únicos y en los tres casos que se describen a continuación, la fachada del volumen alto de la Conselleria de asuntos sociales de la Generalitat de Catalunya, en el 22@ de Barcelona y el edificio de la Cambra de comerç de Barcelona y el edificio de la nueva Sede Andorra Telecom en Andorra la Vella, se resuelven con dobles pieles con grandes superficies acristaladas después de una reflexión acerca de las estrategias de ahorro energía y la imagen del edificio.

En el caso de la Conselleria es una evidencia de la apuesta de Josep Lluís Mateo - Map Architects por combinaciones de materiales y sistemas constructivos de altas prestaciones y en el 2002 se planteó la fachada de doble piel como un exponente claro de la innovación.

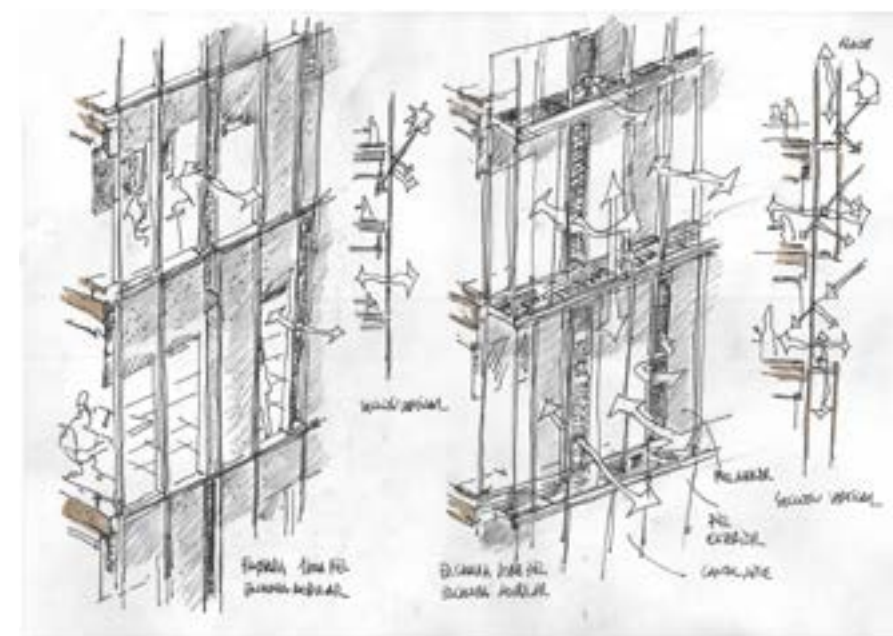


Para el volumen superior del edificio de 90 metros de altura se construyó la piel interior con un muro cortina stick de Schüco convencional, de la serie SG FV 50+ con los vidrios de visión retenidos con grapas en el canto de modo que la piel es continua y sin ningún elemento de soporte visible desde el exterior. A través de los maineles de la retícula pasan las ménsulas de soporte de las placas de vidrio de gran formato de la piel exterior. En los prototipos se evolucionó el sistema de anclaje y se afinaron los soportes hasta solución definitiva con un jабalcón en la parte inferior del anclaje para estabilizar el giro debido a las cargas de las pasarelas, el personal de mantenimiento y el peso de la piel exterior. Los paneles opacos en el paso de forjado ocultan el sistema de aislamiento, los cortafuegos y los anclajes, están acabados por el exterior con un panel composite.



El vidrio de la piel exterior es un laminar templado y serigrafiado con micro-puntos de color blanco con un % de tratamiento de aproximadamente el 35%. El sistema de soporte de maineles es de pletinas de 10mm de espesor de acero inoxidable que son discontinuas entre tramo y tramo solo aparece el vidrio, en el que las placas de vidrio están soportadas y apoyadas por un sencillo y eficaz sistema de patch-fitting. La ventilación del canal se produce a través de las discontinuidades entre las placas de vidrio y evidentemente por la coronación y la parte inferior del cerramiento y evidentemente a través de las pasarelas de mantenimiento que son de tramex de acero galvanizado, apoyadas en las ménsulas.

El proyecto de la Sede de la Cambra de Comerç de Barcelona de la Diagonal de Barcelona en el distrito 22@ es una torre de 90 metros de altura que se organiza en tres tramos con sus respectivas plantas tipo. El primero, se desarrolla entre las plantas 1 y 8 y coincide con la sección que comparte la medianera con la edificación vecina. El segundo corresponde con el tramo en el que la torre se muestra completamente exenta, entre las plantas 9 y 19. Finalmente, la sección se completa con dos plantas, la 20 y la 21, que dibujan el coronamiento de la torre.



Para el control lumínico y la privacidad se integran en el diseño cortinas interiores tipo screen. En el paso de forjado se ubica la franja cortafuegos de 1m según la normativa vigente, mediante una placa de fibrosilicatos en un plafón de chapa y un relleno de lana mineral. El cierre termo-acústico entre plantas se realiza mediante un retacado de borra de lana mineral.

La doble piel proporciona un control solar exterior adicional en las orientaciones críticas, mediante la utilización de vidrio de seguridad con serigrafía. Se ha elegido la tipología de doble piel fija, abierta y ventilada naturalmente, para evitar riesgos de sobrecalentamiento y reducir costes de inversión inicial y mantenimiento.

La piel exterior de la doble piel, a 80cm de la interior, se resolvió mediante una subestructura horizontal de perfiles de acero normalizado, soportada puntualmente por cartelas de pletina soldada que asoman de las juntas de los módulos. La UPN soporta los vidrios de seguridad, cuyos bordes verticales son rigidizados mediante una pletina de acero inoxidable, optimizando el espesor del vidrio para su mejor comportamiento a presión-succión.

Entre las dos pieles se coloca una pasarela de religa metálica, que contribuye a la protección solar horizontal y permite la adecuada limpieza y mantenimiento de las superficies de la cámara. Para la limpieza de las superficies exteriores se dispondrá de una góndola desde la azotea.

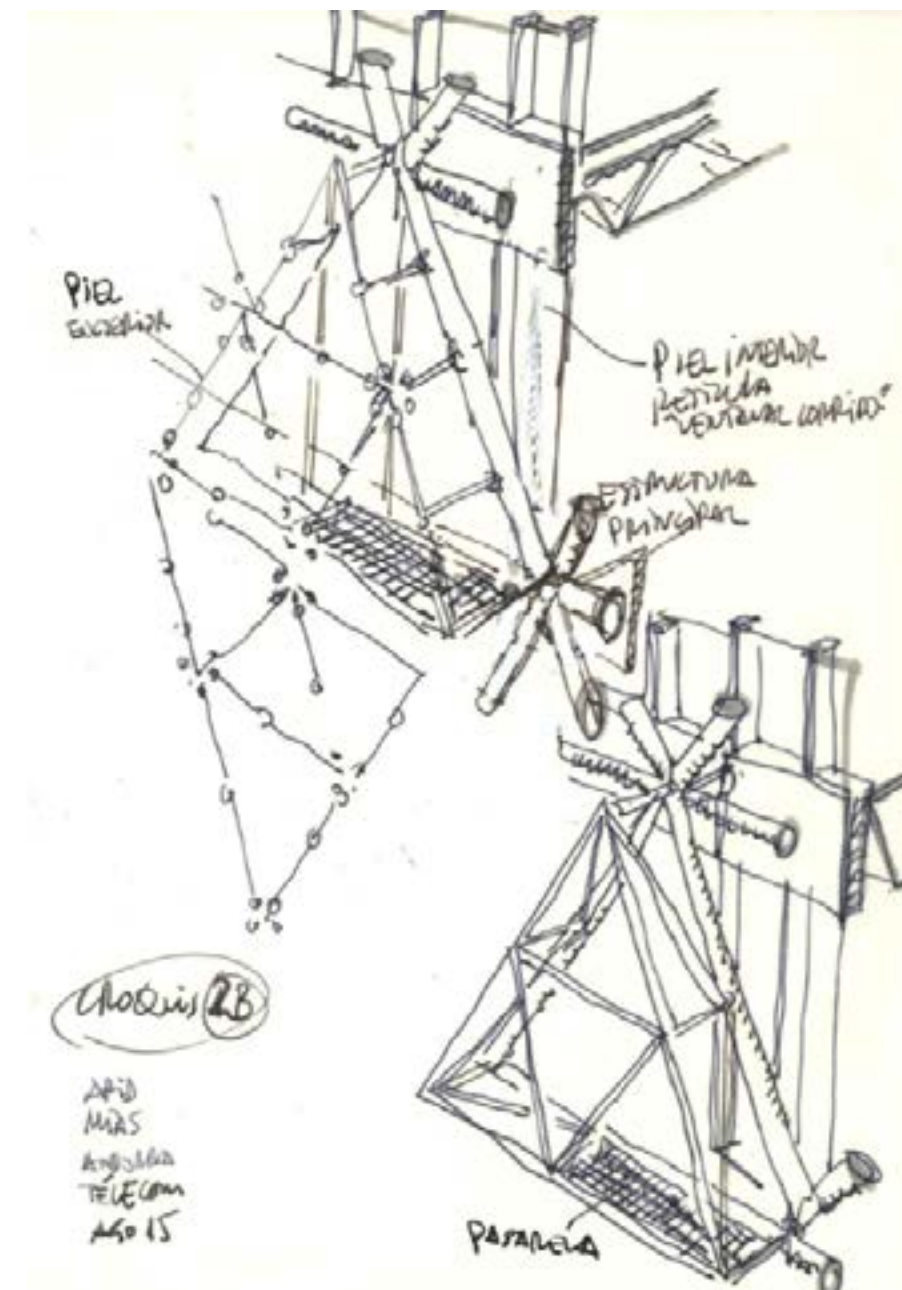
Con un planteamiento constructivo y funcional de la doble piel completamente diferente al de Mateo y al de Gascón, diferente ARID y Miàs, han proyectado el edificio conocido como The Cloud para Andorra Telecom. En la actualidad se está fabricando el prototipo, en este caso previo a la adjudicación del industrial definitivo.

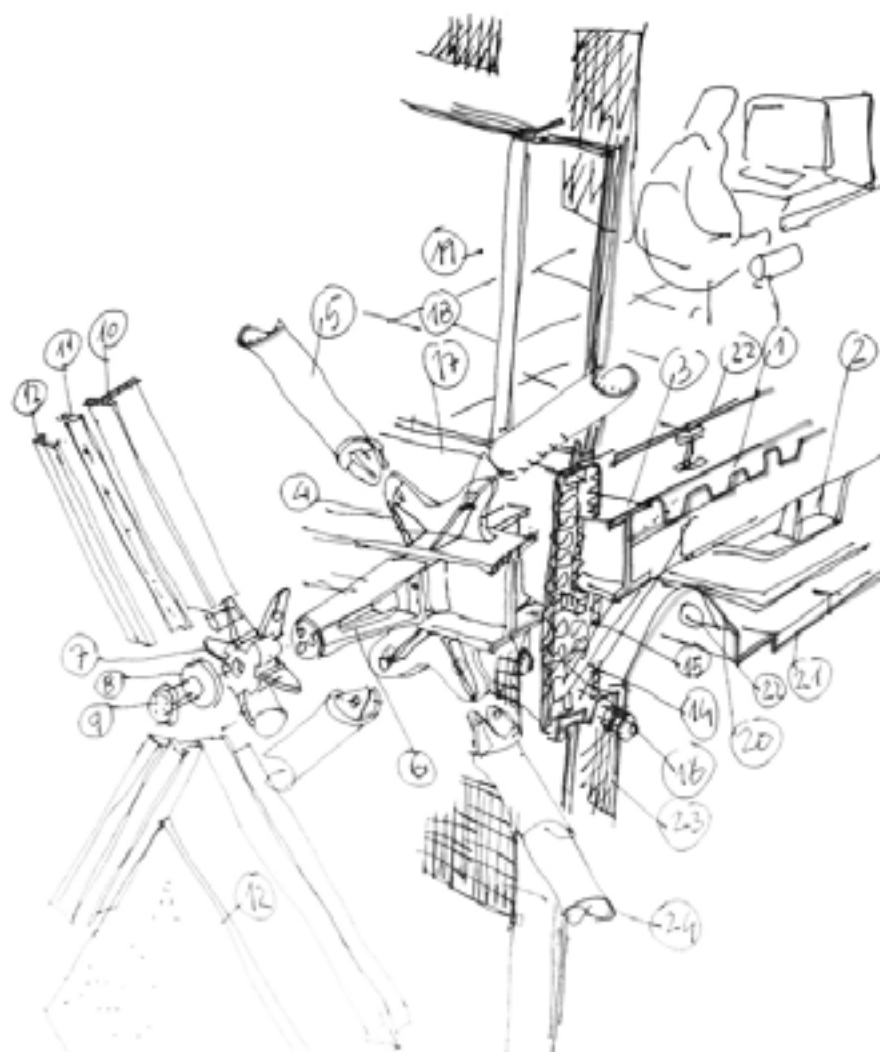


El edificio construirá colgado de dos núcleos de hormigón que transmiten toda la carga al terreno y donde la estructura exterior al plano de la fachada trabaja como vigas de un gran pórtico.

La fachada principal estará compuesta por una piel interior que se montará por detrás de la estructura principal, una doble estructura tubular, formando rombos, con un antepecho opaco y un ventanal corrido. Y una piel exterior acristalada, con una composición también romboidal, siguiendo la estructura principal, también una doble estructura tubular, y unida a ella mediante ménsulas, subdividida en tres módulos de vidrio trapezoidales.

Este cerramiento deberá ser estanco al aire ya que la temperatura de esta cámara deberá estar controlada para ayudar a la climatización del edificio.





La piel exterior estará montada sobre una estructura de acero, de tubos en dos direcciones, formando rombos, con un acabado con pletinas para ser ancladas mecánicamente sobre nudos cilíndricos, con placas de anclaje. Sobre la mayoría de estos nudos se fijarán mecánicamente cuatro tubos siguiendo la geometría de la fachada. Estos nudos estarán anclados mediante ménsulas de acero a la estructura principal del edificio. Los rombos estarán subdivididos en tres partes iguales, en una de las direcciones, mediante tubos de acero de sección rectangular.



Sobre los tubos, tanto cilíndricos como rectangulares, se soldarán puntualmente unas piezas de acero de sección en U. Sobre esta pieza se atornillará otra también de acero, en forma de omega preparada para recibir una pletina sobre la cual se fijará mecánicamente el presor y la tapeta continua. El acristalamiento estará compuesto por un vidrio laminar de 12+12mm, ambos templados con capa de control solar en cara 2. El perímetro largo de los vidrios contará con la inserción puntual de unas pletinas de acero, adheridas con silicona estructural y con una fijación mecánica.

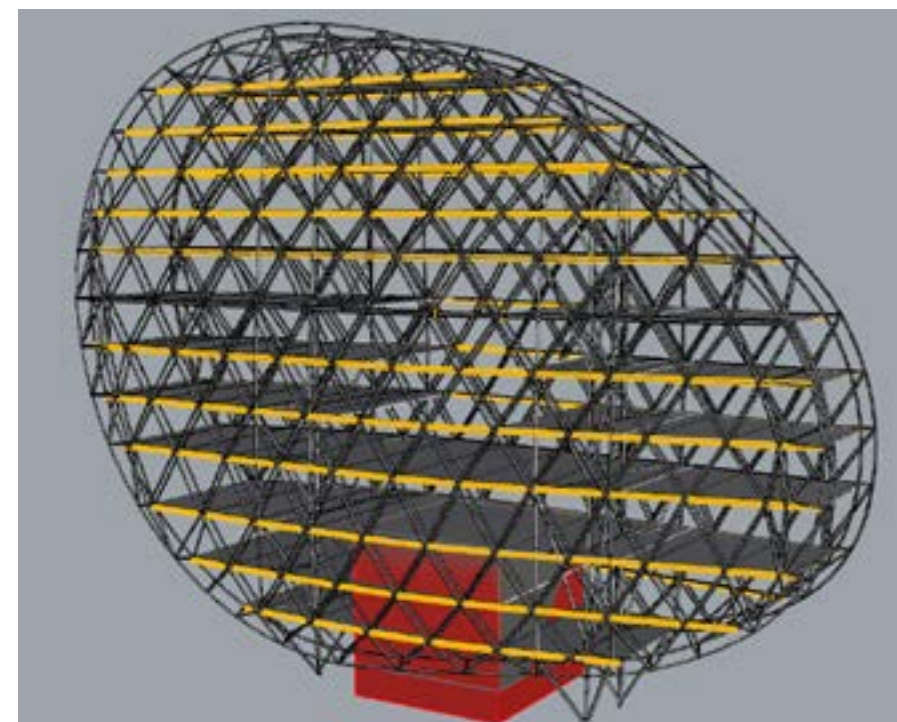
Entre los módulos de vidrio se colocarán tapetas de aluminio verticalmente, y un sellado con silicona neutra horizontalmente. Puntualmente, y según planos de arquitectura, se prevé la colocación de una tapeta con geometría especial, que llevará una aleta

perpendicular a fachada, para poder controlar y canalizar el agua que pueda sobresalir por el plano de fachada en caso de lluvia. El vidrio será curvado en frío in-situ, y su curvatura se adaptará a la del edificio. Su despiece estará en función de la hoja máxima de vidrio, de 6 m de longitud, y de la geometría de la fachada del edificio.

La piel interior de la fachada principal estará formada por un antepecho opaco y un ventanal corrido. El antepecho se montará sobre un bastidor formado por perfiles tubulares de acero galvanizado, que se colgarán y fijarán a la estructura principal mediante anclajes soldados y con un tornapuntas. El bastidor se rellenará de lana de roca de alta densidad y se cerrará por el exterior mediante una chapa de acero galvanizado, y por el interior mediante una placa de fibrosilicatos, para asegurar la franja correspondiente de sectorización de incendio entre plantas. Exteriormente, se forrará con lana de roca y un revestimiento de bandejas conformadas de aluminio lacado.

Este cerramiento cumplirá con los requisitos de estabilidad al fuego marcados por la normativa correspondiente, en referencia a limitar el riesgo de propagación vertical del fuego por fachada. El ventanal corrido estará compuesto por módulos fijos que se adaptarán a la geometría del edificio, tanto horizontal como verticalmente, aproximadamente. Estos módulos se dividirán verticalmente en cuatro partes iguales, mediante un montante con un refuerzo por la parte exterior del cerramiento. La unión entre módulos se hará a través de un sistema gomas estancas al agua, al aire y al ruido. Este ventanal estará formado por perfiles de aluminio para ventanas.

El acristalamiento que se colocará será doble, aislante, de aspecto neutro e incoloro, con una mínima reflexión exterior, con vidrio al exterior de 8mm y al interior laminar de 5+5 mm, con cámara de argón al 90% de 16mm. Para reducir las pérdidas por conducción del acristalamiento, se colocará en la cara 2 una capa bajo emisiva y de control solar por aspecto y parámetros foto-energéticos.



7.3.8. El presente y el futuro de las fachadas multifuncionales.

Las fachadas multifuncionales tienen unos costes de desarrollo derivados de la complejidad en sus sistemas de construcción, que en general escapan de las posibilidades de los proyectos de arquitectura a la que tenemos acceso normalmente.

Si bien esto es cierto en términos económicos, no es así en eficacia, en prestaciones técnicas, formales o de confort, que deben considerarse también en el global de la operación.

Los costes de explotación del edificio, en cuanto a consumo energético, son una variable importante especialmente si se proyecta con criterios de ecología y sostenibilidad, por tanto hay que plantear desde el inicio, la orientación del edificio en el solar sus volúmenes y especialmente la selección adecuada del tipo de fachada multifuncional ya que normalmente, en nuestras latitudes, la fachada es un generador de energía limpia, que capta más de la necesaria incluso en invierno.

Las capas de la doble o triple piel de un cerramiento, se entienden como partes de un elemento complejo, formado por acristalamientos paneles, cortinas etc. pero es el comportamiento del aire del canal y su control el que va a determinar los resultados, es decir, los canales estancos o con aperturas en la piel interior o exterior, con aportaciones de aire del exterior por convección natural, o con circulación forzada, son variables determinantes en el funcionamiento y prestaciones de las fachadas, para la mejora de las condiciones de habitabilidad y del edificio en su conjunto.

La participación del usuario en el control de los diferentes elementos de la fachada, para obtener las ventajas de los numerosos “pros”, especialmente aire de calidad y control de la luz para su bienestar, son un exponente del nivel y de la alta calidad del edificio.

En muchos casos, la combinación de técnica y forma con la que se hace Arquitectura, se basa en modelos testados a pequeña escala, en otras latitudes o simplemente para otros usos, que se importan sin criterio.

Esta circunstancia hace que muchos proyectos pasan por fases de incertidumbre en cuanto a su viabilidad y con una notable dosis de duda en cuanto a las posibilidades técnicas de su desarrollo real.

Proyectos que cuando se materializan sin haber controlado los equilibrios entre conocimiento y riesgo, experiencia e impericia, innovación y tradición, antecedentes e investigación, universidad y oficio, industria y artesanía, sentido común y ensayo real pueden ocasionar conflictos difíciles de resolver.

7.4. El fuego

7.4.1. La ligereza como problema.

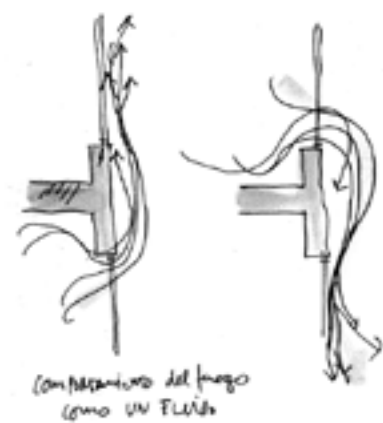
Al abordar el diseño de un edificio, desde sus esquemas más elementales se tiene en cuenta el fuego y los problemas que puede ocasionar. El fuego es una cuestión clave en la definición de los edificios por las necesidades que se derivan del CTE, de las normativas internacionales o de las locales. De ello dependen muchas cuestiones que han de determinar las superficies útiles de cada planta resultantes deduciendo las escaleras de evacuación o los vestíbulos, pero quizá el aspecto más relevante es lo condicionadas que quedan las envolventes por la sectorización, tema clave en cualquier reglamento de protección de incendio

Cuando se afronta el problema del fuego, se trata de reducir la combustibilidad de los componentes, retardar el avance del incendio, proteger las estructuras, facilitar la evacuación de los ocupantes y la extinción del mismo. En el caso de producirse un siniestro sus efectos han de ser los mínimos posibles, por ello hay que proteger a los ocupantes, a los servicios de extinción y auxilio, a la vez tratar que los daños del propio edificio no sean importantes y que el fuego no progrese a las edificaciones vecinas.

Planteados así los objetivos genéricos nos damos cuenta de que las normativas a aplicar según el CTE contemplan aspectos parciales y prácticamente ninguno específico para las fachadas ligeras, solo 2 artículos en el DBSI, 2 párrafos en cerca de 2500 páginas del CTE. Intuitivamente la construcción ligera en caso de incendio, en relación con construcción convencional más masiva, puede tener consecuencias graves derivadas de su propia configuración y de la naturaleza de los materiales que la componen.

La aplicación de las normativas, decretos, reglamentos y ordenanzas de todo tipo y diferente rango, desde las antiguas UNE, NTE, NBE y actualmente el CTE, ha tendido como objeto la mejora de la calidad o el aumento de la habitabilidad, durabilidad y seguridad de los edificios entre otro. En la mayoría de casos el cumplimiento de dichas normas, desde el punto de vista formal, no tiene una importancia excesiva y no presentan condicionantes de composición para los arquitectos, pero hay ciertas normas que si pueden tener una incidencia notable en el resultado final del edificio.

Una de las normas que tuvo mayor incidencia en el proyecto fue la NBE CPI-82, posteriormente la NBE-CPI-96, <<Condiciones de protección contra incendios en los edificios>> y actualmente con pocos cambios, la vigente SI-Seguridad de incendio del CTE. Estas normas tuvieron y tienen incidencia en diferentes aspectos formales desde las estructuras, instalaciones, escaleras, vías de evacuación y su situación, distribución de los diferentes servicios, y zonificación según el uso que pueda tener el edificio



Esquema del comportamiento del fuego como un fluido.

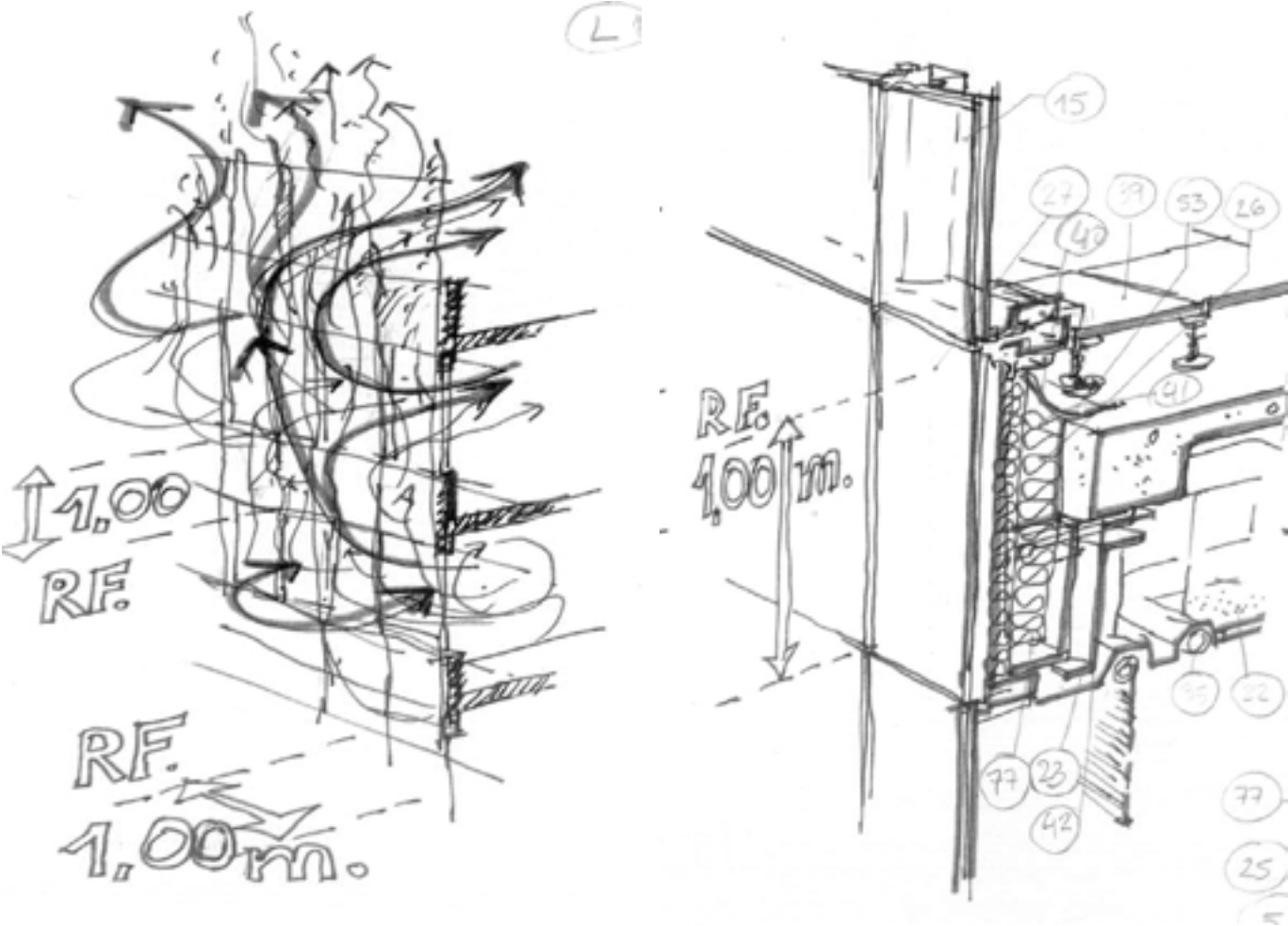
Teniendo en cuenta que los materiales comúnmente utilizados en la construcción de fachadas ligeras son muy poco estables al fuego o bien son muy sensibles a la exposición de llamas o gases calientes, por citar un par de ejemplos el vidrio que no tiene tratamiento específico, se rompe con temperaturas de 200º fácilmente alcanzables en un siniestro o bien, los perfiles de aluminio que plastifican a 200º y se desintegran a 550º son componentes típicos de los muros cortina y de muchas fachadas ligeras y por tanto de difícil tratamiento en cuanto a la sectorización de los edificios para evitar la propagación de un incendio.

Un primer problema que se plantea es la necesidad de dividir el edificio en sectores de incendio independientes, para evitar la propagación del fuego en vertical y en horizontal, y la fachada juega aquí un papel importante, porque el fuego se desplaza especialmente donde encuentra aire fresco para la combustión.

Está claro que muchos de los materiales utilizados en la construcción ligera no son los adecuados para sectorizar y colaborar en la solución del problema de la propagación. En principio la sectorización en las fachadas ligeras se resuelve tratando un tramo conocido como el “metro” de modo diferenciado. Tiene resistencia al fuego “EI”, todavía llamado “RF”, 60 minutos que se consigue con materiales como placas rígidas de fibrosilicatos, paneles aislantes térmicos, chapas y perfiles de acero, o incluso con vidrios o perfiles de aluminio diseñados específicamente para el control del fuego.

Esquema de Peto Ignífugo.

El cortafuegos en el encuentro forjado fachada.



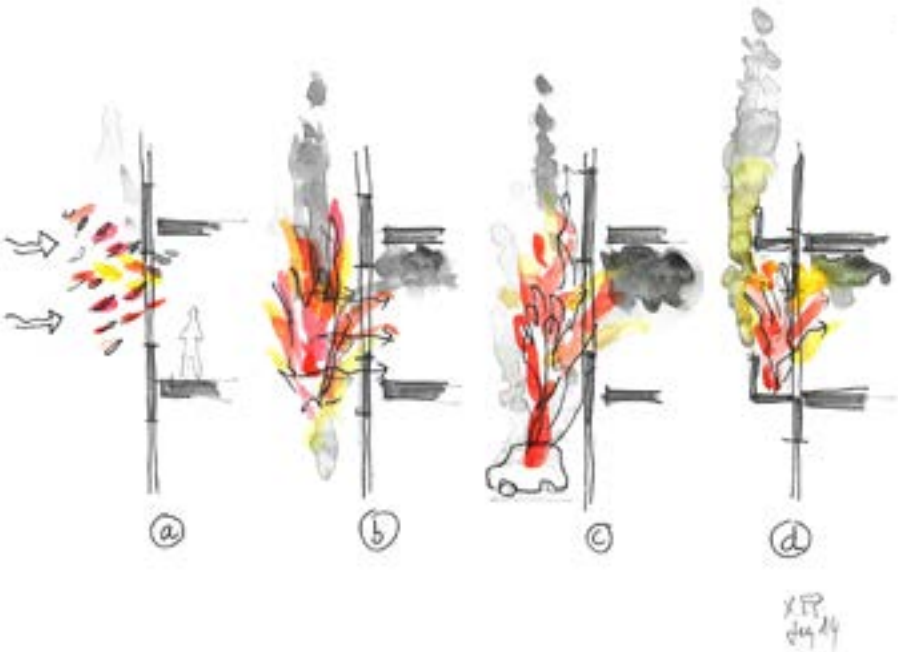
El otro punto crítico como veremos más adelante en este capítulo, es la discontinuidad del forjado hasta el plano de la fachada, que debe tratarse con los mismos materiales o equivalentes que el paramento vertical.

Visto lo anterior es fácil comprender que el diseño de la fachada queda muy condicionado por sectorización del edificio, que en general se traduce en la evidencia de la zona de cortafuego, que al construirse de manera diferente que el resto se traduce en las típicas bandas horizontales normalmente situada en la zona del paso de forjado.

Para comprender el problema del fuego es necesario conocer de una parte como se inicia y la segunda como progresa. Conocido esto, podemos empezar a plantear el tema con una visión integral tanto de los aspectos normativos que condicionan el diseño del edificio en general, como los que condicionan el de la fachada en particular.

7.4.2. Causas básicas del inicio.

- A. Por pavesas o partículas encendidas provenientes de edificios colindantes, de bosques o incendios próximos transportadas por el viento.
- B. Por la proximidad de otro siniestro, en un edificio contiguo por ejemplo, ya sea por radiación o contacto directo de las llamas.
- C. Por extensión desde áreas del propio edificio que progresan a otros sectores.
- D. Por agresiones o accidentalmente.
- E. Por incendio de materiales almacenados en zonas expuestas del edificio.



Esquema de las Causas básicas del inicio del fuego.

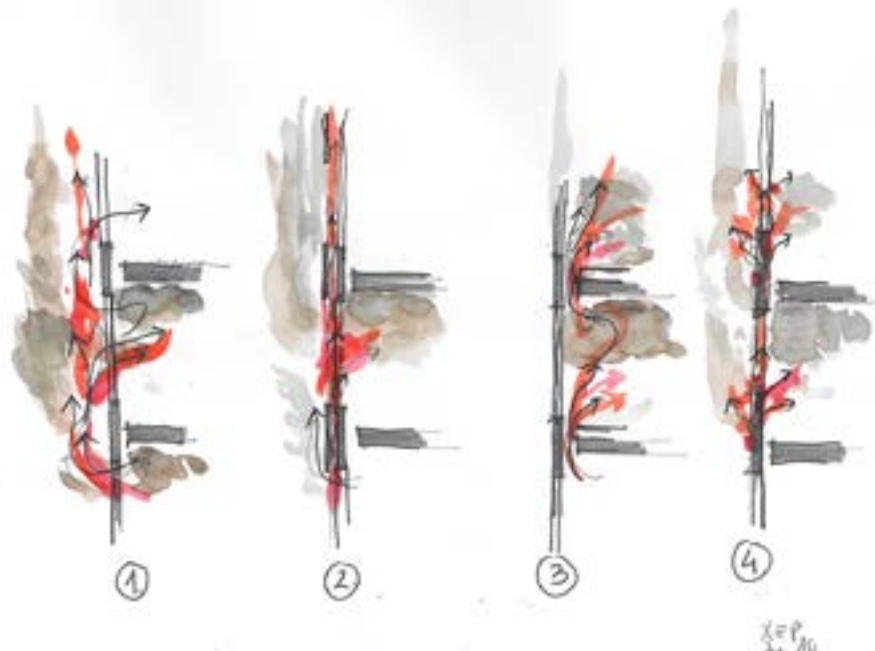
7.4.3. Causas generales de la propagación.

1. Por el exterior de la fachada cuando se ha debilitado el peto ignífugo. El fuego va saltando de una planta a la siguiente, a pesar de los petos ignífugos o de los elementos de cortafuego que se explicarán en este capítulo: En todo caso aunque no lo evitan, van a reducir la velocidad de avance de la lengua de fuego.

2. Por el canal de aire de las fachadas ventiladas, puede funcionar como acelerador del avance del fuego, el humo y los gases. A tener en cuenta las características y composición del aislamiento y su posición y la disposición de cortafuegos en el canal de aire.

3. Por la discontinuidad del plano de la fachada y el sistema de cierre del forjado. En el entorno de la fachada en las zonas de discontinuidad, que si no están bien resueltas pueden permitir el paso de las llamas, el humo o gases calientes a través de los elementos de compartimentación.

4. Por el material de construcción de la fachada. Cualquiera de sus componentes, ya sea madera, resinas, o ciertos aislamientos con mala reacción al fuego o tener cierto grado de combustibilidad.



Esquema de las causas generales de la propagación.

De una primera aproximación a las normativas nacionales y europeas, que dicho sea de paso convendría armonizar, se pueden resumir aspectos que condicionan el diseño del edificio entre otros los siguientes:

- Sectorización vertical y horizontal del edificio.
- Estabilidad de las estructuras.
- Prevención por parte del personal en el edificio que verifica permanentemente la instalación y hace las pruebas de evacuación.
- Sistemas de detección, los rociadores, los tanques de agua, equipos de extinción portátiles y fijos en zonas de riesgo.
- Accesibilidad de los equipos de rescate al entorno del edificio.
- Accesos de los equipos de rescate al interior del edificio.

- Ascensores y montacargas de alta velocidad y preferentes para los equipos.
- Sistemas de evacuación racional del edificio, a través de escaleras de evacuación, de puertas de determinadas características y configuración de los vestíbulos.
- Bunkers de seguridad, locales para zonas de control del incendio.

7.4.4. La normativa como condicionante de diseño.

También de una primera aproximación a las normativas condicionan el diseño de las fachadas entre otros, en los siguientes aspectos:

- Resistencia al fuego (E) y (EI).
- Características de reacción y resistencia de materiales y sistemas.
 - Potencial energético.
 - Opacidad de humos.
 - Formación de gotas.
- Índice de combustibilidad de los sistemas y materiales.
- Accesos al edificio a través de la fachada.
- Sectorización vertical y horizontal.
- Estabilidad de las estructuras y soportes de los sistemas ligeros.
- Evaluación del IMCR (Índice de combustibilidad de los componentes).
- Tipos y composición de aislamientos.
- Funcionamiento particular de las dobles pieles.
- Funcionamiento particular de las fachadas ventiladas.
- Normativas nacionales y locales.
- Exutorios, tipo disposición y maniobra para salida de humos.
- Ensayos estándar y ensayos específicos para soluciones singulares.

En España hay diversas normas específicas relacionadas con las fachadas ligeras, entre otras Resistencia al fuego según la Norma de producto UNE EN 13830 que define la capacidad de la fachada ligera de proporcionar integridad (E), integridad y aislamiento (EI) e integridad y radiación (EW) en caso de fuego, por un periodo de tiempo dado.

La fachada ligera, montaje completo debe ensayarse de acuerdo con la norma europea UNE-EN 1364-3. Las configuraciones parciales de la fachada deben ensayarse de acuerdo con la norma UNE-EN 1364-4. Las prestaciones deben clasificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-2.

Finalmente, los materiales de construcción deben clasificarse en cuanto a su reacción al fuego en tres parámetros hasta 40 clases, sustituyendo las antiguas nomenclaturas M0 a MS, por potencial energético, de menor a mayor potencial A a la F, de menor a mayor opacidad del humo, S1 a S3y de menor a de mayor goteo do a D2, por la UNE- EN 13501.1.

El CTE, tal como hemos mencionado antes, para impedir la propagación del fuego por la fachada y para garantizar la independencia de los sectores de incendio que se hayan determinado en un edificio según su altura, su uso y su riesgo, el CTE en el DB SI-Seguridad en caso de incendio, en la sección SI 2 - Propagación exterior, en paredes, medianeras y fachadas hace referencia a:

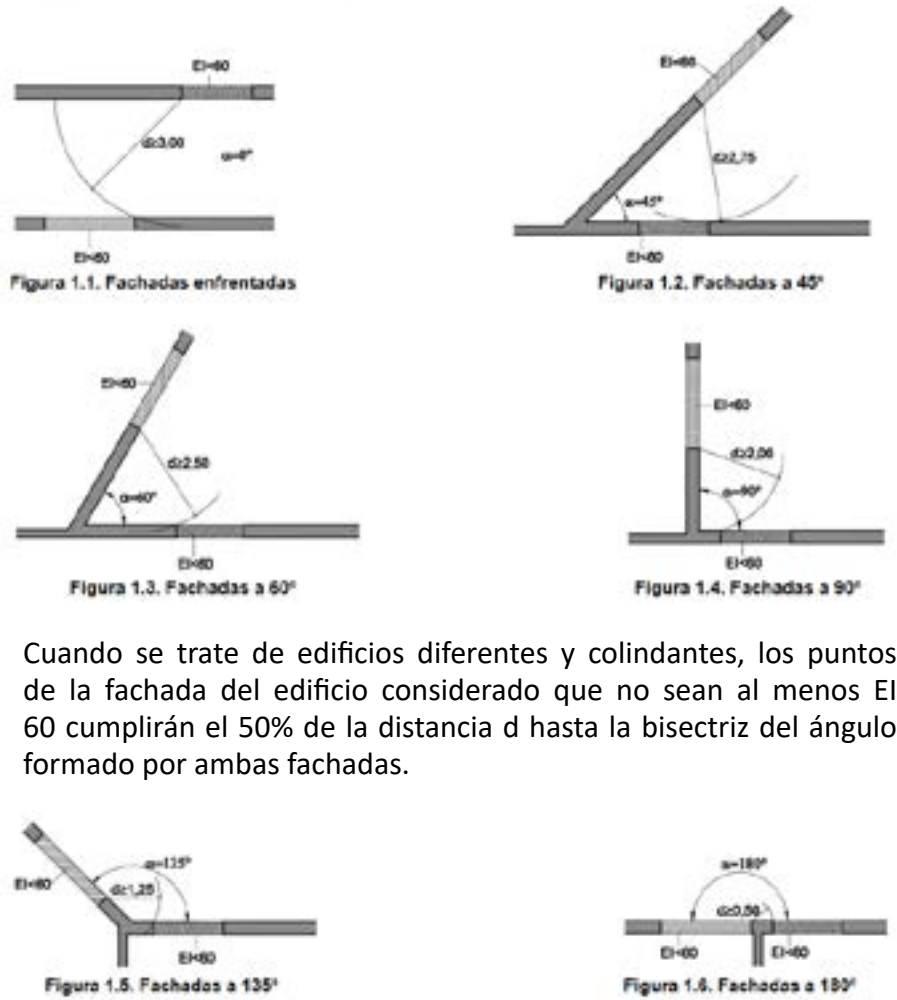
<<Medianeras y fachadas>> como debe ser la protección al fuego de los cerramientos en general, textualmente dice:

1 Medianerías y fachadas:

1. Los elementos verticales separadores de otro edificio deben ser al menos EI 120.
2. Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio a través de la fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas o hacia una escalera protegida o pasillo protegido desde otras zonas, los puntos de sus fachadas que no sean al menos EI 60 deben estar separados la distancia d en proyección horizontal que se indica a continuación, como mínimo, en función del ángulo α formado por los planos exteriores de dichas fachadas. Para valores intermedios del ángulo α , la distancia d puede obtenerse por interpolación lineal.

α	0° ⁽¹⁾	45°	60°	90°	135°	180°
d (m)	3,00	2,75	2,50	2,00	1,25	0,50

⁽¹⁾ Refleja el caso de fachadas enfrentadas paralelas

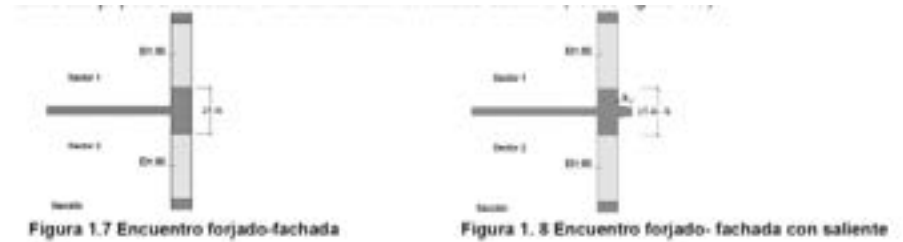


Cuando se trate de edificios diferentes y colindantes, los puntos de la fachada del edificio considerado que no sean al menos EI 60 cumplirán el 50% de la distancia d hasta la bisectriz del ángulo formado por ambas fachadas.



En el apartado 3 del DB-SI2, hace referencia concreta a las dimensiones de la sectorización vertical. Textualmente en el punto 3 habla del conocido “metro”.

3. Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio, entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, o bien hacia una escalera protegida o hacia un pasillo protegido desde otras zonas, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada (véase figura 1.7). En caso de existir elementos salientes aptos para impedir el paso de las llamas, la altura de dicha franja podrá reducirse en la dimensión del citado saliente (véase figura 1.8).



Al margen de éste artículo, en España la normativa específica para las fachadas en general y las ligeras en particular es muy escasa, al contrario de lo que ocurre por citar el caso de Francia que aplica la IT 249. Arret 24 may 2010, aplicada también en o en otros países de su área de influencia, en las que las soluciones son específicas para cada tipo de edificio y contemplan con detalle las fachadas.

Esta disparidad de criterio tiene como consecuencia que las soluciones que se aplican, se basan en criterios propios de los proyectistas o los consultores y en sus experiencias, en las del constructor de la fachada, de los proveedores de sistemas y las ingenierías además de los organismos de control independientes, que aplican también los artículos más restrictivos de las normas de otros países de Europa.

Las entidades de la administración que intervienen en el visado técnico y en los informes del proyecto, habitualmente <<Bomberos>> determinan la validez de las soluciones de elementos constructivos no estándar, basando su dictamen también en experiencias anteriores y en su criterio para no comprometer los niveles de seguridad que establece la Norma. Al final del proceso tal como se describe en el capítulo de los consultores de este trabajo, intervienen nuevamente los organismos de control independientes que auditan los proyectos y la ejecución material de las soluciones, para informar a las compañías de seguros, para que fijen los riesgos correspondientes al edificio, y en consecuencia determinen su valoración económica.

7.4.5. Las consecuencias formales y de proyecto.

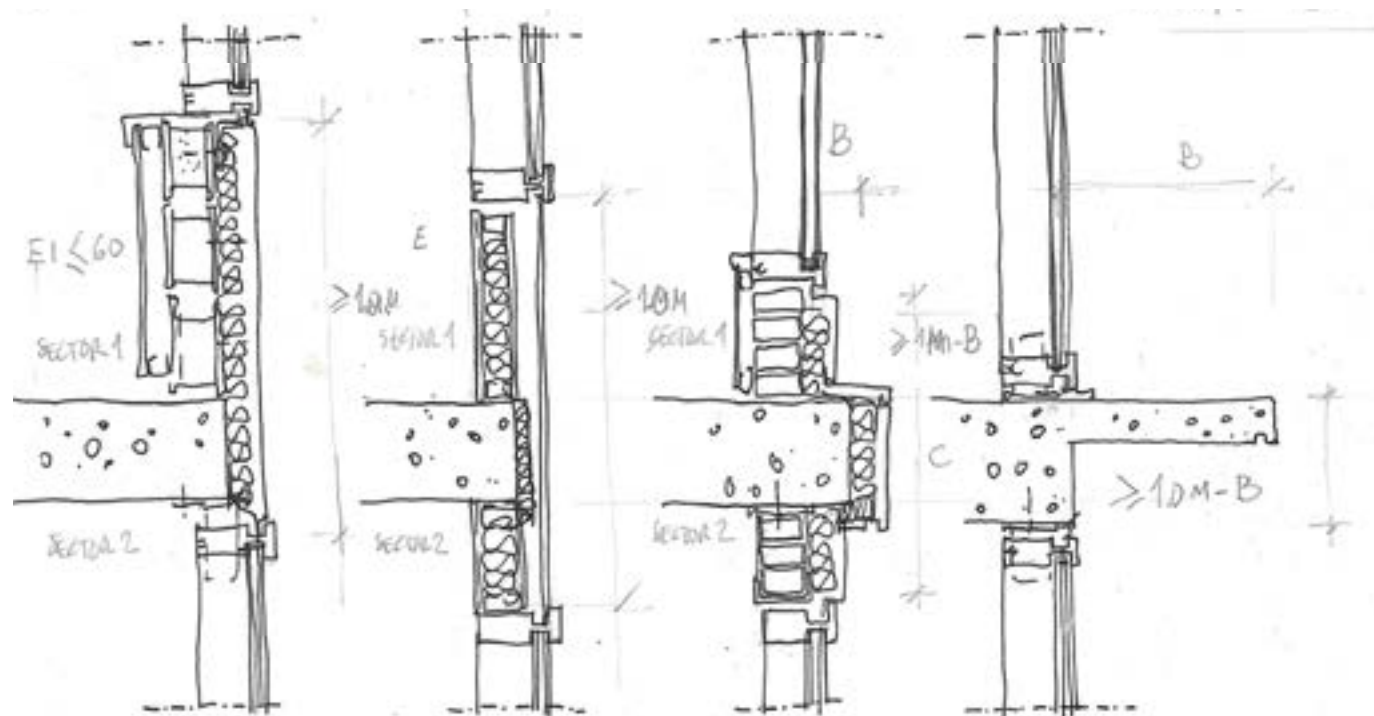
La composición arquitectónica de las fachadas ligeras, especialmente las fachadas acristaladas, queda determinada por bandas horizontales opacas que deben ser resistentes al fuego al nivel de los forjados, que son habitualmente el límite de un sector de incendio, debido a la aplicación de la Norma a la que nos hemos referido.

Tratándose de fachadas, la solución más habitual para proteger el encuentro estructura-fachada, consiste en doblar la fachada por la cara interior, utilizando el ámbito de las instalaciones y la estructura que queda cubierto por el falso techo y falso suelo de tal forma que se puede mantener la apariencia exterior de una fachada continua y uniforme en el tratamiento de los materiales, sin hacer evidente la sectorización de incendios.

Cuando se trata de fachadas con elementos ligeros, como se puede ver en los croquis, hay que considerar también las múltiples opciones de diseño y composición de las envolventes, que son soluciones también válidas como cortafuegos en caso de incendio. Por ejemplo con aleros y retranqueos, petos de materiales pesados forrados o no con materiales ligeros, integración de paneles reforzados etc. Vemos que se utilizan todo tipo de recursos técnicos de diversos materiales y el repertorio es muy amplio.

La utilización de otros materiales específicos para el fuego como vidrios, para llamas y “El”, siliconas especiales, perfilerías de acero o de aluminio de sistemas específicamente concebidos para su uso como cortafuegos, pueden contribuir a mantener la misma imagen que el resto. Este tipo de soluciones tienen el inconveniente de la compatibilidad de los grandes formatos, porque la mayoría de acristalamientos y perfilerías ensayados en laboratorios de Europa y de los Estados Unidos tradicionalmente sólo han sido homologados en formatos de reducidas dimensiones, aunque en la actualidad se están consiguiendo tamaños cada vez mayores.

Esquema de alternativas constructivas del peto ignífugo.



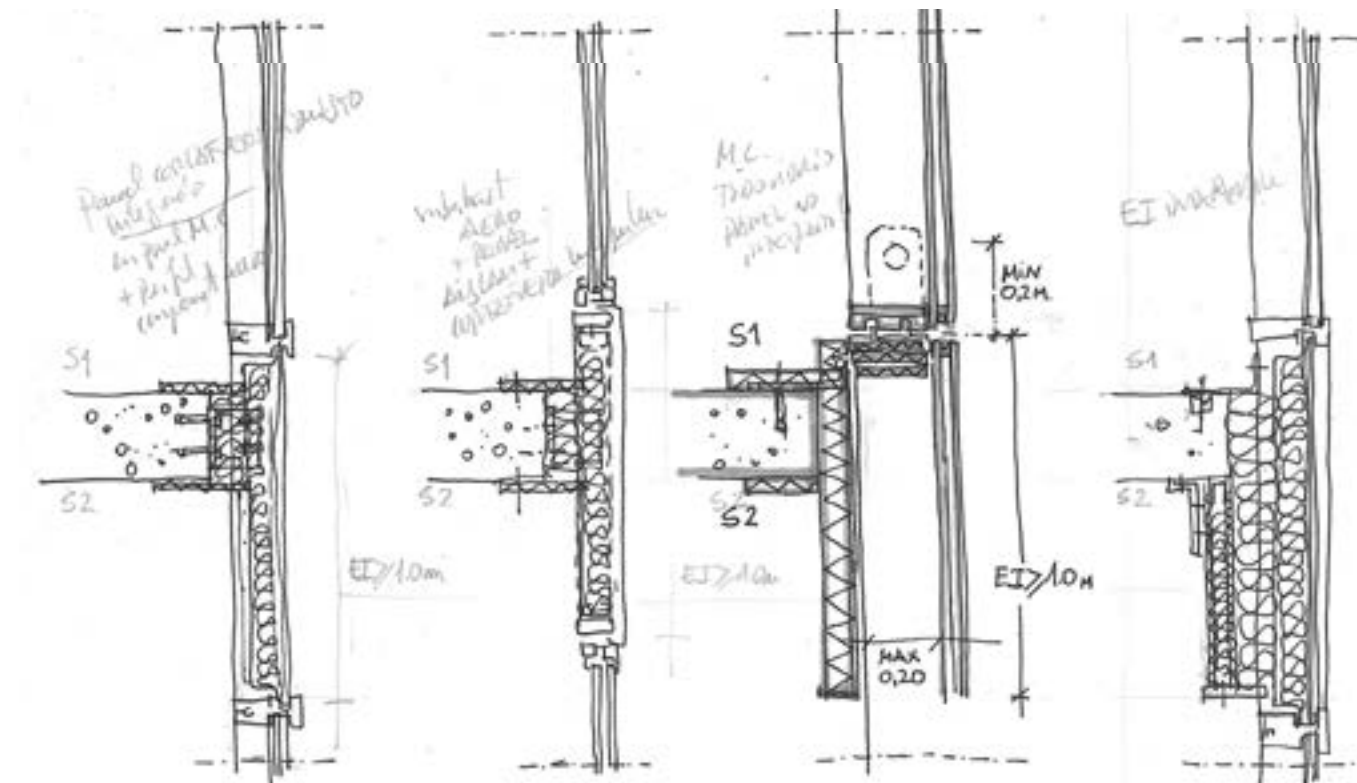
Para la homologación de soluciones no estándar, se puede tratar de sustituir el ensayo necesario, por cálculos justificativos de la solución, teniendo en cuenta que los ensayos y homologaciones son siempre del conjunto de perfilería y vidrio por tanto cualquier modificación deberá ser consensuada por las partes, como ocurre en los “Avis technique conception Feu” que en Francia son un paso previo para evitar el ensayo de un tramos completo de fachada a escala real.

Otra posibilidad es tratar la geometría del cortafuegos y su posición respecto de la vertical del plano de la fachada, tres de los estudios de caso de este trabajo de investigación son interesantes en relación al comportamiento del fuego, por las soluciones adoptadas que no son muy evidentes en la fachada, Diagonal 682 y Génova 27 son dos ejemplos de cortafuegos en los que la geometría del peto ignífugo funciona de forma satisfactoria gracias a los planos inclinados que favorecen la disipación hacia el exterior del edificio del calor, del humo y de las llamas, tal como explica en su muy interesante tesis doctoral Pilar Giraldo “Evaluación del comportamiento del fuego y protección contra incendios en diversas tipologías de fachadas”.

En otro estudio de caso, el complejo de Torres Porta Fira, el edificio de oficinas y en Hospital de Vallecas, confían el cortafuego en el plano horizontal a los aleros de hormigón, cumpliendo con el dimensionado según los requisitos del DB-SI S2.

En determinadas ocasiones, el arquitecto autor del proyecto, puede optar por jugar con la volumetría general de la obra, asignando a cada bloque un sector de incendio de menos de 2500 m² edificados, de tal forma que permita dejar la fachada con un único elemento acristalado de suelo a techo en cada planta, evitando el típico corte y cambio de componentes que se hace muy evidente en la composición de la fachada.

Esquema de alternativas constructivas del peto ignífugo.



7.4.6. Los materiales disponibles y las soluciones constructivas.

Los diferentes materiales y elementos de construcción se ensayan para determinar su comportamiento y resistencia al fuego, la capacidad de mantener su integridad, impedir el paso de las llamas y gases calientes, la transmisión de calor y el grado de combustibilidad.

Básicamente los productos ideados para la protección pasiva del fuego y aplicables a las fachadas ligeras son muy diversos entre los que podemos destacar: planchas rígidas de materiales ignífugos, lanas minerales y fibras, acristalamientos EI, siliconas ignífugas y sistemas de perfiles de acero o aluminio para cerramientos.

Las soluciones que pueden aportar los constructores de fachadas ligeras son en general aplicaciones de productos ensayados fuera del contexto de la fachada y que en algunos casos no se han desarrollado para soluciones de cortafuegos por tanto el comportamiento que tendrá el fuego y el funcionamiento de la solución global son siempre teóricos.

Los materiales comúnmente utilizados en la protección del fuego son planchas rígidas de materiales ignífugos, productos de alta tecnología para la protección contra el fuego, están compuestos según sea el fabricante con fibrosilicatos o yeso reforzado con fibra de vidrio, de densidades ligeras y pesadas, según el uso que vayan a tener, las planchas son incombustibles y su mecanizado y puesta en obra es muy simple, como si se tratara de un tablero rígido de madera o aglomerado que con mecanizados de corte y fijación con herramientas sencillas, tornillos clavos y grapas.

Las exigencias de resistencia al fuego se pueden resolver mediante la incorporación de una o varias placas fijadas a la estructura que debe proteger y los detalles de ejecución de esta aplicación varían en función del cerramiento y no existe una solución genérica.

Las lanas minerales que se emplean habitualmente como aislamientos térmicos se incorporan si son clasificadas MO, no combustibles, como un componente más de algunos paneles que, convenientemente protegidos por planchas de acero pueden ser utilizados como cortafuegos.

Las borras de lana de roca por su adaptabilidad se utilizan como relleno de los cantos de forjado, mejorando la estanqueidad entre plantas, pudiendo evitar el paso de las llamas y el aire caliente entre el cerramiento y el forjado.

También existen acristalamientos especiales resistentes al fuego que armados o laminados que pueden mantenerse transparentes durante el incendio, no alteran el diseño de los cerramientos, aunque como se ha comentado tienen formatos muy limitados y unos costes elevados. Si añadimos la dificultad de la compleja colocación en las perfiles, hace que su utilización se reserve a aplicaciones muy concretas en fachadas y muros cortina, normalmente en divisiones de puertas y mamparas en el interior del edificio donde el riesgo es también alto y donde la utilización de elementos acristalados no signifique una menor

protección. Son vidrios de composición especial, con baja dilatación térmica, aproximadamente un tercio que la del vidrio convencional que por ello no se rompe en los súbitos incrementos de temperatura de los inicios de un incendio, de transmisión luminosa y aspecto prácticamente normal, utilizables en diferentes composiciones como si de un acristalamiento normal se tratara, aunque en formatos relativamente pequeños, 1200 x 2000mm.

Otros vidrios habitualmente utilizados en la protección del fuego están armados con una malla de acero embebida en la propia masa del vidrio, lo que le ofrece una mayor resistencia a la rotura y al desmoronamiento, en la mayoría de casos de roturas por impacto o choque térmico, el panel mantiene su integridad reteniendo los fragmentos de vidrio y reduciendo enormemente el riesgo de heridas además de, como en los otros casos, evitar el paso de las llamas y el humo.

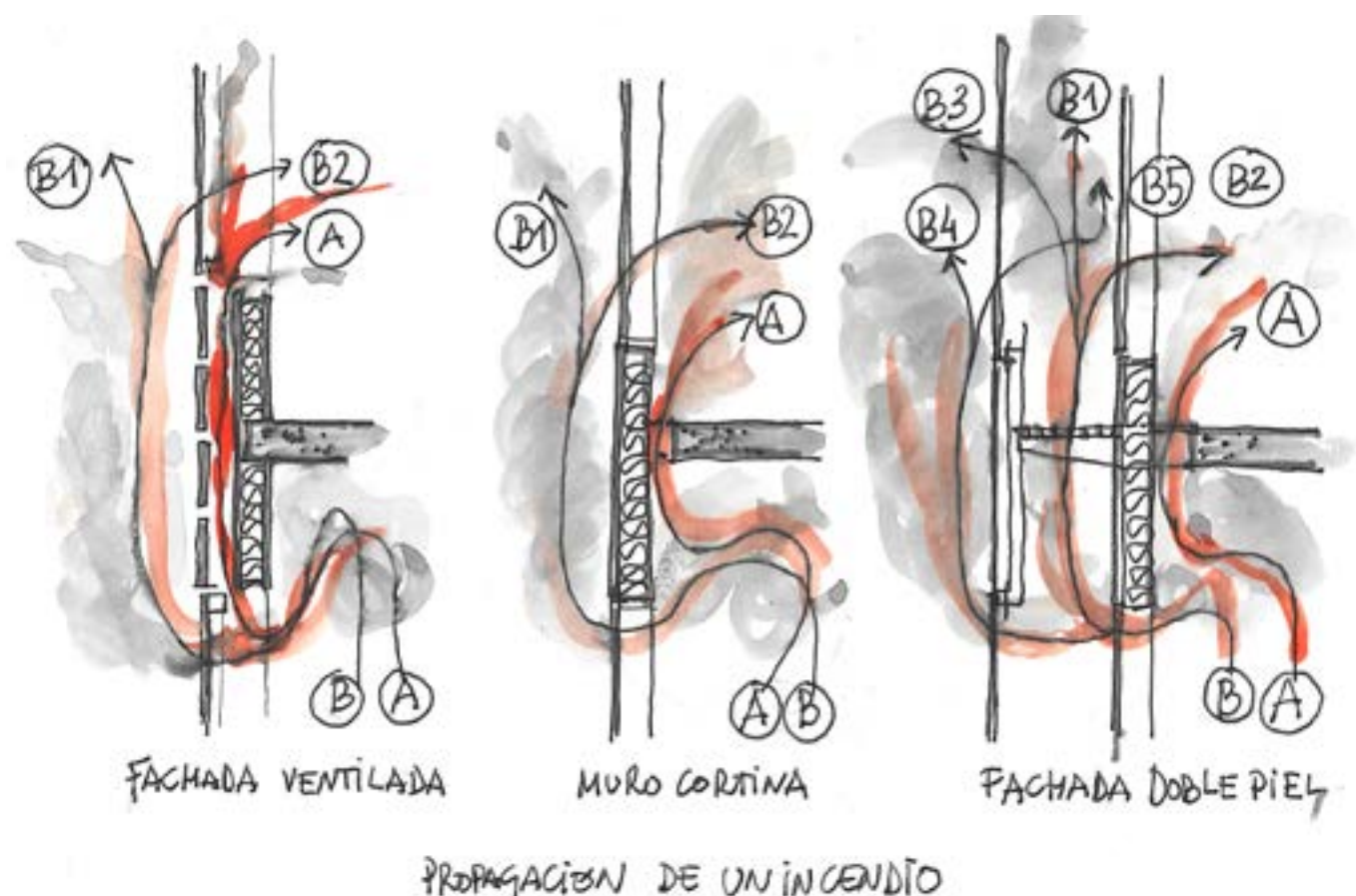
El vidrio convencional se rompe después de unos minutos de exposición al fuego, pero los vidrios especiales se mantienen inalterables durante mucho más tiempo con prestaciones desde EI-30 hasta EI-120, según los formatos, utilizando marcos metálicos con sistemas de fijación especial.

Estos vidrios utilizados como elementos de sectorización de incendio, permiten la visión al otro lado del cerramiento con el aumento de seguridad que supone, además de no romperse por la acción directa del agua de las mangueras y permitir su rotura con cierta facilidad en caso de ser necesario para generar vías alternativas de evacuación por extracción de humos.

Para los sellados de estanqueidad de estos materiales se utilizan siliconas mono-componente, anti-fuego de formulación especial con sílice, que en condiciones normales son perfectamente elásticas y durables como cualquier otra silicona y en caso de incendio resiste el fuego varias horas en función del dimensionado de la junta y de su puesta en obra.

El criterio que se aplica actualmente para los elementos del peto ignífugo que componen la fachada es que independientemente del comportamiento de los vidrios y otros materiales, siempre haya un cerramiento que cumpla los requisitos, es decir que la fachada puede desintegrarse por completo pero que el cortafuegos tiene que mantenerse en servicio como protección el tiempo previsto.

Los puntos más críticos y que conviene estudiar con mayor detenimiento son las uniones de las fachadas y los forjados, No tan solo por el paso de las llamas sino también por el aislamiento entre plantas por el interior del edificio, hemos de suponer que la acumulación de gases a alta temperatura se produce en la parte superior de la sección afectando directamente al anclaje del muro cortina y a la discontinuidad que ofrece la retícula, pudiendo favorecer el colapso de la estructura y la destrucción de los paneles y acristalamientos que forman parte de la fachada cayendo al suelo una importante superficie con el riesgo que ello puede significar.



Esquema de propagación de un incendio.

El fundamento de la solución de protección pasiva contra el fuego que habitualmente proponemos consiste en independizar la fachada del cortafuegos. El tratándola como dos elementos independientes, de modo que una vez iniciado el incendio aunque la parte no protegida de fachada desaparezca por completo, la protección sigue funcionando el tiempo previsto como mínimo independizando los sectores de incendio.

Normalmente, los sistemas quedan ocultos, que es la más expuesta, en el ámbito del falso techo para no ofrecer discontinuidades en la cara exterior. La fijación de estos elementos se hace al forjado y no a la retícula para permitir los movimientos normales y los asentamientos de la estructura, a la vez que el sistema no se bloquee y permita las deformaciones habituales de la retícula del muro cortina.

Los otros elementos que forman parte de la solución constructiva son siempre como es preceptivo clasificados AS1d0, antes M0, o lo que es lo mismo materiales no combustibles como son la lana de roca y están previstos para que en caso de un siniestro de menor importancia colaboren en la estanqueidad entre plantas al humo y las llamas a la protección de parte de la retícula de los anclajes.

Según las Normas en Francia, las entidades que intervienen en el visado técnico, "Avis Conception Feu", pueden informar favorablemente de la solución propuesta en el proyecto, cuando juzguen suficientemente justificada técnica y documentalmente la necesidad derivada de la singularidad del proyecto y su validez técnica en relación con la adecuada protección frente al riesgo de incendio.

La Norma está elaborada por comisiones de expertos, técnicos conocedores de los problemas y de las soluciones y velando por su cumplimiento, la opinión general por parte de los arquitectos y de las ingenierías es que con su cumplimiento es suficiente para garantizar la seguridad y difícilmente aportan nada más con el objetivo de mejorar las condiciones y prestaciones de la fachada dando como óptimo los planteamientos que de la norma se desprende, y el margen de maniobra para alternativas y sus justificaciones es mucho más amplio de lo que se cree.

7.4.7. Fachadas ventiladas y fachadas de doble piel.

Estas 2 tipologías de fachada ligera tienen un comportamiento similar desde el punto de vista de las aportaciones del canal de aire en el conjunto del sistema. Su complejidad funcional en caso de un incendio se multiplica por el número de variables todas ellas encadenadas. Desde las dimensiones, las características de los materiales, la configuración del canal o el tipo de incendio o su origen por citar unas pocas.

El problema específico de las dobles hojas con canal de aire intermedio es muy difícil de tratar, porque involucra convecciones turbulentas de la lámina de aire que mezclan la presión del viento, la convección natural estándar, y la forzada por la presencia de un foco caliente.

La alta temperatura de combustión, origina convecciones naturales y forzadas además la radiación se extiende por todo el recinto interior, y en el caso de colapsar el vidrio de la hoja interior, por el canal limitado por el vidrio o el material que compone la hoja exterior. En cualquier caso las circulaciones del aire caliente y humo se verían afectadas por las condiciones de viento, temperatura y humedad del ambiente.

Por si no fuese suficiente, la caída de cristales, en el caso de la doble piel o de otros componentes en el caso de la fachada ventilada, produciría una rápida mezcla de flujos ocasionando la propagación inmediata por el resto del edificio.

Existen programas con códigos especialmente diseñados para los problemas de incendio, pero que deberían integrar en su simulación diferentes momentos muy difíciles de calcular por la gran dificultad de reproducir el escenario, que se modificará radicalmente en el caso de rotura de un vidrio ya que las aportaciones de aire fresco harían que el fenómeno fuera completamente imprevisible.

El comportamiento de las fachadas ventiladas y de doble piel, es un tema controvertido por la cantidad de variables que hemos mencionado que significa la convección, la radiación y la conducción combinadas y los efectos de múltiples variables de dimensiones y materiales. Para abordar la cuestión hay dos corrientes de opinión contrapuestas. Una de ellas considera que si el siniestro evoluciona por el canal exclusivamente, las aportaciones de aire fresco se ven muy limitadas, y la propagación es más lenta y controlada, pero por otra parte, la extensión a todo el ámbito del canal es rápida.

La segunda corriente argumenta que si se produce la rotura de los componentes de la piel exterior, se favorece la difusión de las llamas, humos y gases calientes, hacia la capa más exterior del edificio y, con ello se reducen los efectos. Pero en el sentido contrario, las aportaciones directas de oxígeno del exterior del edificio alimentarían el fuego de aire fresco y en consecuencia se perdería el control de un siniestro que antes estaba confinado entre 2 láminas.

En el caso de las fachadas ventiladas, para minimizar los efectos de un incendio se recomienda que el canal quede interrumpido cada 2 o 3 niveles en función de las características de la fachada con la disposición de cortavientos horizontales que ocupan todo el ancho del canal, de modo que en el caso de un siniestro, la evolución de los gases por la cámara se vería alterada, dificultando el seguimiento de un único y continuo canal. Evidentemente el tipo de aislamiento es una variable fundamental en la cuestión y tal como se indica en el DBSI, para canales de más de 15 metros de altura el aislamiento debe estar protegido o ser mejor que Bs3d2, lo que descarta algunos de los materiales comúnmente utilizados.

Es evidente que los cortafuegos horizontales son un contrasentido con respecto al concepto básico de la fachada ventilada. Para evitar esto, hay ciertos productos específicos con rejillas y bandas intumescentes que una vez expuestos al calor extremo, se expanden y cierran la trama evitando o retardando el paso de aire caliente y con ello la propagación del fuego.

Las mismas consideraciones sirven para las fachadas multifuncionales, porque el problema de base es exactamente el mismo al descrito, con la dificultad añadida de lo incontrolable de la evolución de un siniestro y en el que prever mecanismos cortafuegos horizontales o elementos para forzar la extracción de aire como elementos de control del avance y como medida de protección, hoy por hoy no son viables.

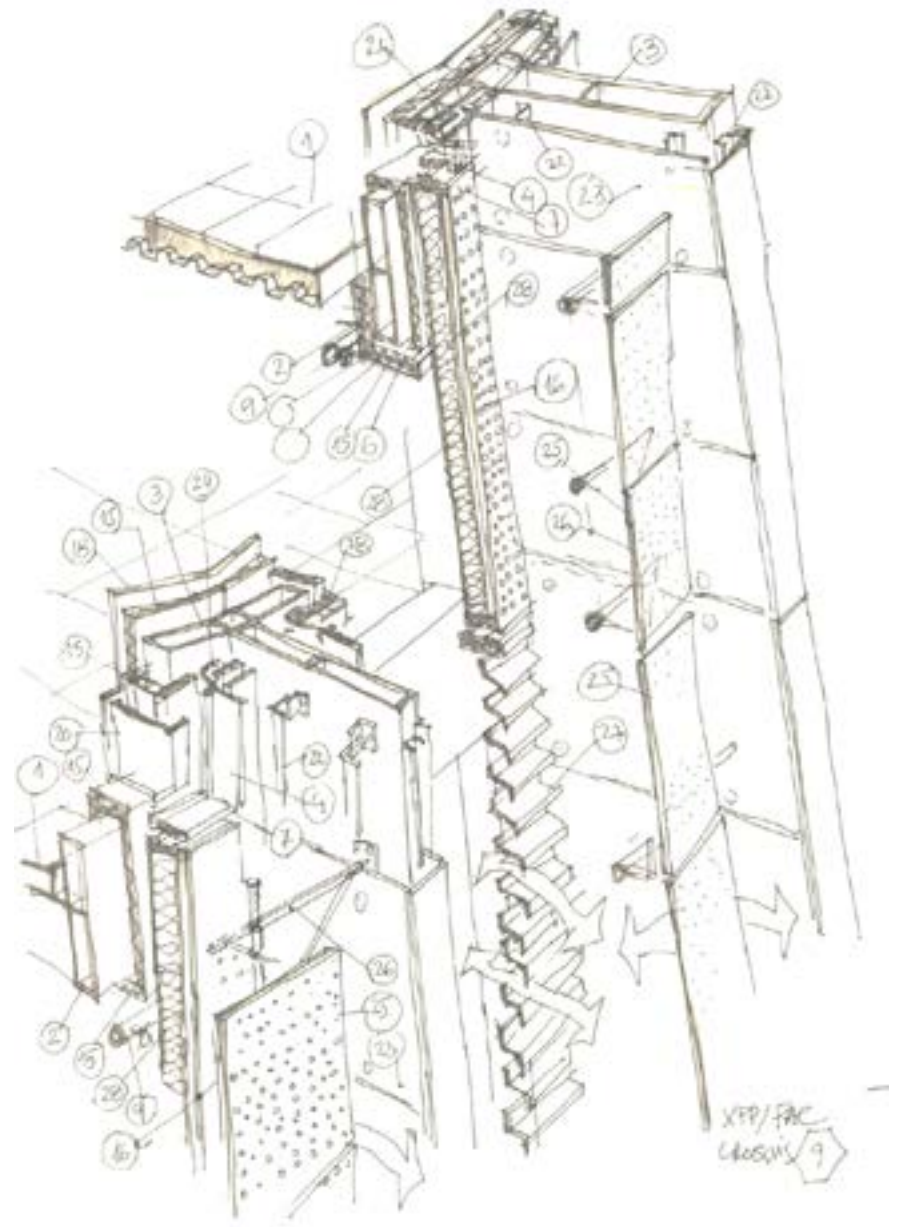
Ensayos normalizados de sistemas y componentes de fachada.



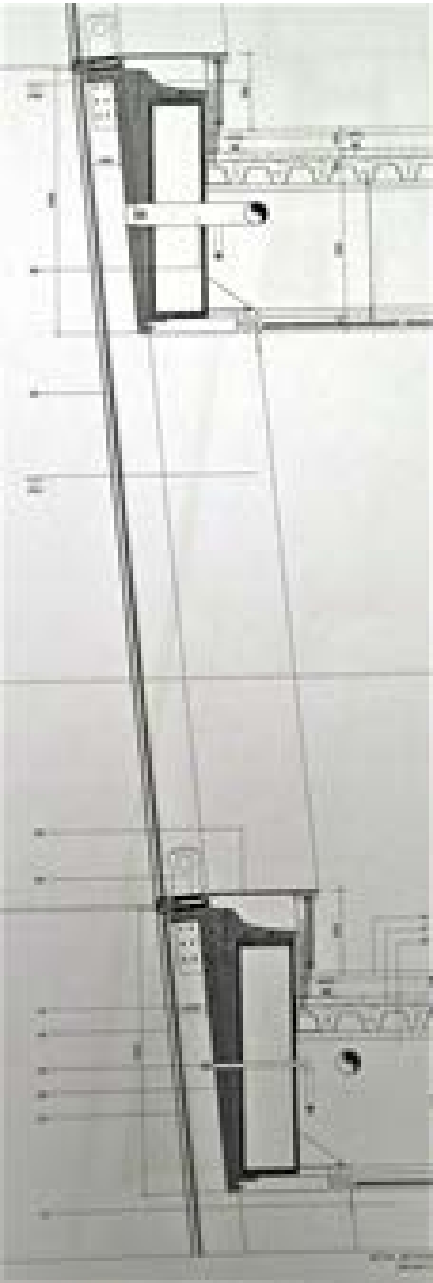
Tour Salé- Bouregreg, Rabat, Royaume du Maroc.
Rafael de la Hoz.

Un caso en el que se encuentran reflejados la mayoría de cuestiones tratadas en este capítulo, es el del rascacielos de Tour Salé- Bouregreg, donde se aplican normativas francesas, marroquíes y españolas, con un BC Bureau de Control francés y la opinión de los especialistas locales que han de someterse también a la aprobación de la solución definitiva por parte de las autoridades locales y con el visto bueno del CSTB de París.

La primera de las cuestiones es determinar la altura del edificio, ya que en función de este dato se aplica un reglamento u otro, basándose en la IT 249 francesa, según se mida la altura efectiva del edificio, podemos estar tratando un IGH o bien un ITGH (Immeuble de grande hauteur) o (Immeuble de très grande hauteur) con las implicaciones que significa en cuanto a complicación de medidas de protección, vías de evacuación, etc...



Infografía del proyecto.
Esquema inicial de la fachada norte con paneles fotovoltaicos.

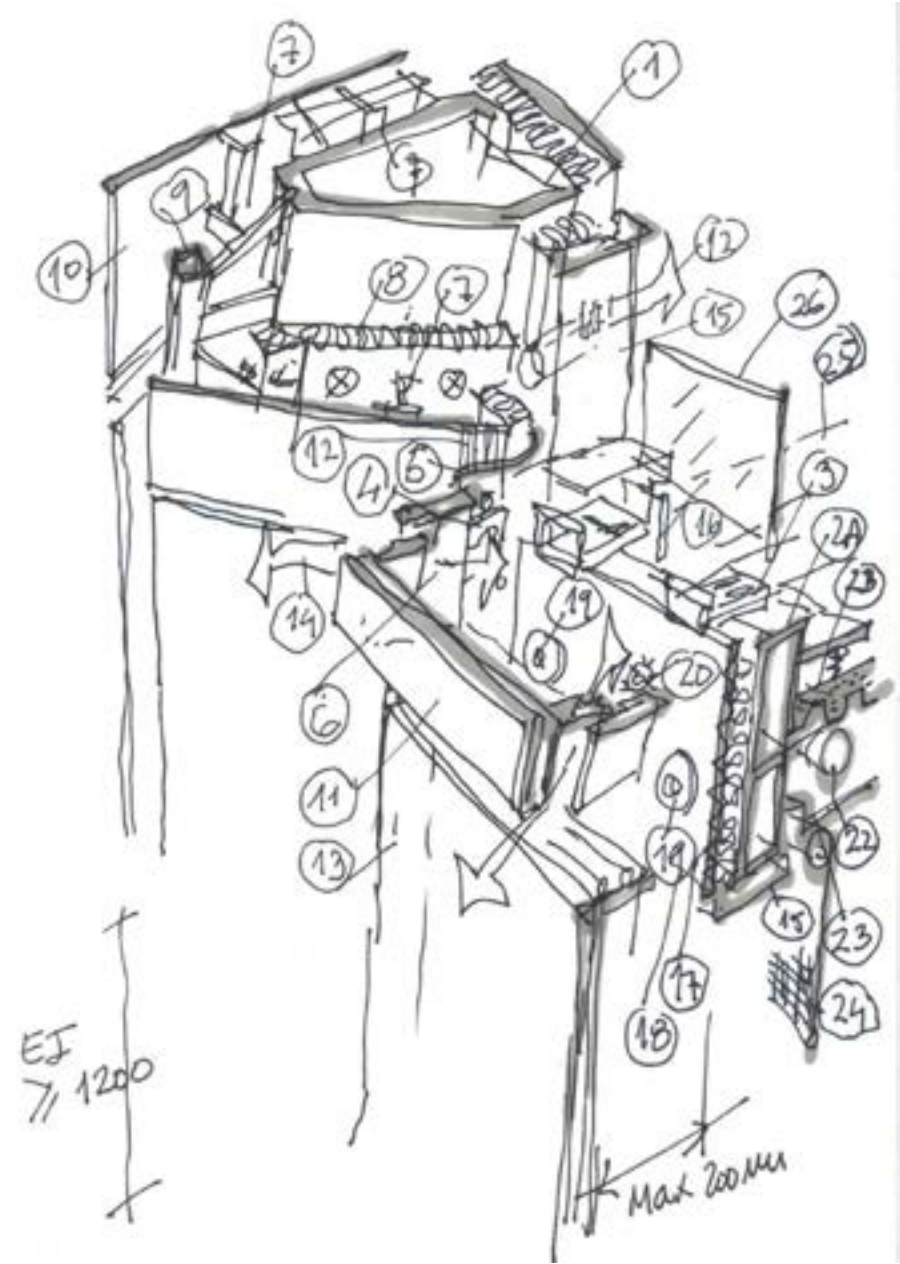


Esquema de protección contra incendios-.

C+D = 1200mm

La segunda de las cuestiones es la utilización de las fachadas de doble piel que está limitada a la superficie máxima de cubrición del 50% de la superficie de la piel interior dicho límite es un criterio con poco fundamento que impide la utilización de fachadas multifuncionales y de los efectos positivos.

La tercera de las cuestiones tiene que ver con la disposición de los cortafuegos. En las soluciones de muro cortina está autorizada la colocación de dicho elemento, con la condición de que el plano interior del vidrio esté como máximo a 200mm del peto ignífugo, de modo que la fachada siempre puede quedar con un aspecto uniforme pudiéndose construir con un único vidrio de planta a planta. En contrapartida, se debe prever rociadores en cada módulo y extracciones de aire para evitar el sobrecalentamiento del volumen interior entre fachada y contrafuegos.



Esquema de protección contra incendios-.

C+D = 1200mm

La cuarta cuestión, tiene que ver con la composición exacta y el dimensionado de todos los materiales y componentes del cerramiento que se han de integrar en una fórmula para cuantificar lo que se denomina IMCR (índice de masa combustible removible).

La trascendencia, desde el punto con respecto a la configuración de la fachada, es muy notable porque, en función del resultado del cálculo del IMCR, el dimensionado del peto ignífugo puede pasar según la normativa Francesa de 1,2m a 1,40m con la distorsión que puede significar para la fachada del edificio. Esto obliga en un planteamiento muy inicial del proyecto a concretar los materiales y productos que se van a utilizar tal vez años más tarde. Para hacerse una idea de lo sensible que es este cálculo, la combustibilidad de butirales de los vidrios laminados, o bien de las juntas de estanqueidad de los sistemas de muro cortina, varía en función de evidentemente su volumen y del compuesto específico.

Por último, otra de las cuestiones que se debate continuamente es la naturaleza de determinados materiales que no pueden ser utilizados como elementos de cierre horizontal, entendiéndose que cualquier elemento que con cierta inclinación respecto de la vertical es un techo, y esto significa una limitación en cuanto a las posibilidades de composición y de materialización ligera de cubiertas, marquesinas, umbráculos, y todo tipo de elementos que están limitados por su comportamiento frente a las llamas y al calor.

La aplicación de esta normativa, significa que la utilización de ciertos materiales innovadores como ETFE, composites de fibras y resinas y otros de nueva generación como son los compuestos de resinas acrílicas e hidróxido de aluminio por ejemplo está permanentemente en cuestión.

Es evidente la necesidad de armonización de normativas y criterios de los diferentes países y administraciones, y de los influyentes consultores especializados en incendio, para abordar de modo integral los planteamientos y soluciones adecuadas al riesgo de cada una de las obras, que en el Reino Unido evalúa directamente el especialista de la compañía aseguradora que es quien va a determinar la viabilidad de determinada solución acorde con el conjunto de las medidas de protección del edificio.

Infografía del conjunto y la torre.



7.5. El nudo es la clave.

« *Siempre hay una cierta distancia entre las ideas del proyectista y el edificio construido. Un edificio real no pasa de ser un ejemplo imperfecto, o una mera aproximación a las ideas arquitectónicas del proyectista.* »

Toyo Ito.

La delgada línea que separa el interior del exterior de un edificio en las últimas décadas ha ido aumentando en magnitud y complejidad. Hoy el cerramiento debe considerarse como una combinación de elementos integrados para mejorar las prestaciones del edificio y el confort del usuario, ya no son solo un par de elementos, uno de ellos traslúcido y el otro opaco. Tratamos la fachada con todos los accesorios de control lumínico, solar, aislamiento térmico o acústico, climatización, iluminación interior o exterior, y la entendemos como un elemento con planos sucesivos. En los casos extremos incorporan desde la piel exterior, los elementos de control solar del canal de aire etc. hasta la integración de la iluminación interior, la cortina, el cortinero y el falso techo.

Si entendemos “el nudo” como un lugar de concentración o de conexión de todos estos elementos, a los que añadir los específicos de seguridad o de protección al fuego, nos daremos cuenta de que estamos trabajando en el punto clave de la arquitectura de fachadas.

Conceptualmente “el nudo” es aquel punto en el que concurren todos los elementos fundamentales para expresión de la técnica de las fachadas ligeras y su relación con el edificio que envuelven. Cuanto más concreto y mayor sea el grado de definición, mayor es el grado de vinculación de la tecnología y la forma.

En ese punto coinciden y se determinan todas las disciplinas fundamentales de la construcción que hay que coordinar integrando cada una de las especialidades, fundamentalmente estructuras, instalaciones y evidentemente las fachadas.

Estructuras que han de permitir el apoyo y soporte de los anclajes y pasarelas de los componentes de las pieles de la fachada, en el canto o en las caras planas de los forjados. O simplemente contribuyendo a la mejora de las condiciones de protección solar o de sectorización al fuego.

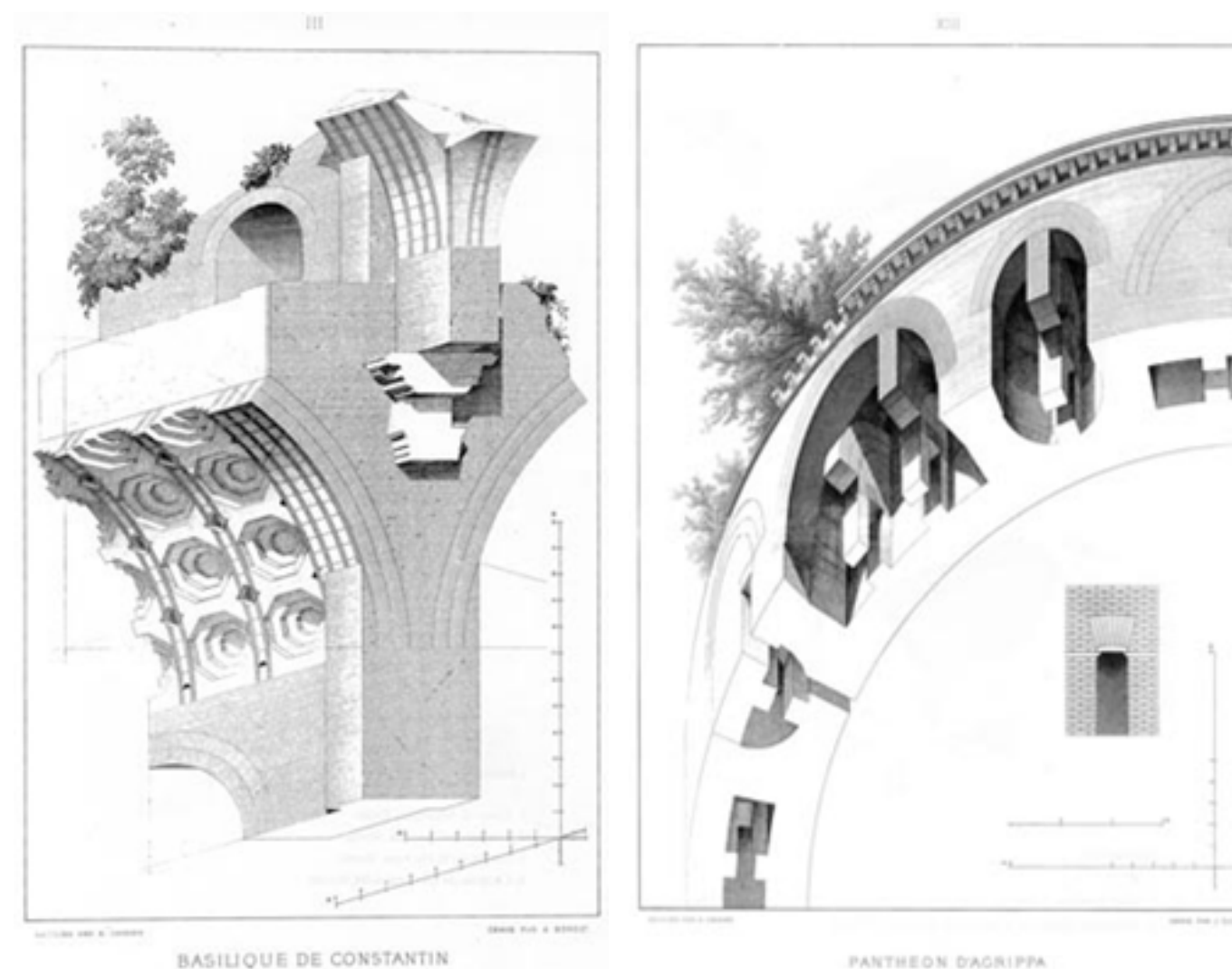
Instalaciones de refrigeración o calefacción que deben dimensionarse de acuerdo con las características de sus componentes y de los accesorios que van a condicionar las pérdidas y ganancias del edificio a través de sus envolventes y que en el desarrollo del nudo quedan definidas. Fachadas en ocasiones incorporan los elementos de admisión o expulsión de aire para integrarse en el sistema general de clima del edificio, o bien en determinados casos también soportan o contienen los elementos de producción energética.

Conceptualmente se define el funcionamiento de la envolvente y se modelan las variables, es decir se definen las características y disposición de los elementos de control lumínico y solar en el vidrio,

en el plano exterior o en el interior de este.

Salvando las distancias, si se completara y actualizara con diseños actuales la “Histoire de l’architecture” publicada en 1899, por el historiador, ingeniero y teórico de la arquitectura Auguste Choisy en París, la mayoría de sus dibujos seguirían correspondiendo al encuentro del plano vertical del cerramiento con la estructura.

Por ejemplo Choisy, Lámina III, que representa un fragmento de la Basílica de Magenzio, en el Foro romano o la Lámina XIII, Cuarto del exterior del ático del Panteón, son puntos clave para la descripción del tipo de fachada y del edificio que se pretende construir August Choisy, *L’art de bâtir chez les Romains*, 1873.



El nudo explica de la forma más elemental el procedimiento de las uniones en arquitectura, al tiempo que representa, paradójicamente, la máxima sofisticación que se alcanza en la combinación de los sistemas constructivos. Por ello es imprescindible una gran elaboración y exactitud en el proyecto.

Láminas de August Choisy.

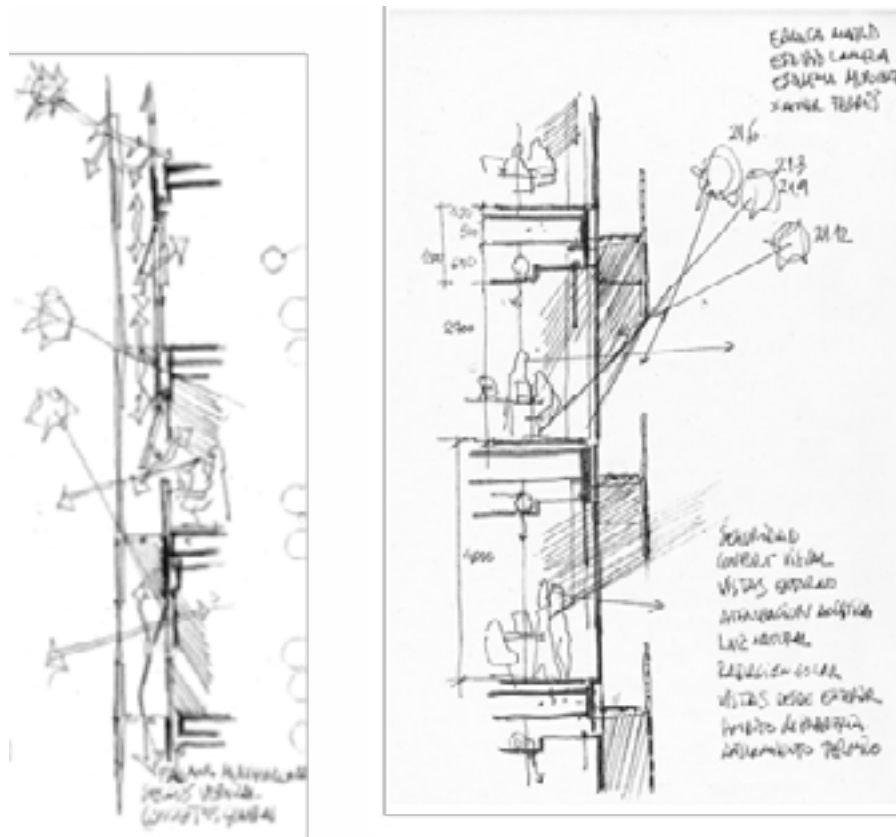
L’art de bâtir chez les Romains. 1873.

El paso previo a la concreción en el nudo a escala o cuando menos con un dibujo proporcionado, son los esquemas generales que han de servir para definir:

- El concepto de la fachada
- Definir los componentes básicos y su relación con la geometría del edificio
- El funcionamiento desde el punto de vista mecánico
- El esquema de comportamiento energético
- Plantear los sistemas constructivos y sus elementos fundamentales en concordancia con la imagen del edificio.
- Concretar los detalles constructivos y su proceso de coordinación dimensional
- Determinar los procesos de fabricación y montaje.

Son esquemas en los que son suficientes 5 o 6 componentes básicos, con los que se van a concretar inequívocamente sus proporciones, las dimensiones básicas y su tecnología. En determinados casos también se puede entender la estrategia de la estructura y de la climatización del edificio y con ello comprender el funcionamiento del global del edificio.

Planteado el esquema funcional, y resuelto el “nudo” a la escala adecuada encontraremos el sistema de fachada y lo que podríamos denominar “volumen técnico”, en el que vamos a englobar todos los componentes ya posicionados y vinculados en relación al canto del forjado. Los anclajes, la retícula del cerramiento y los elementos de relleno y el corta-fuegos. También los relativos a soportes estructurales de los aleros, pasarelas o cualquiera de las capas exteriores que conforman la envolvente. Todo se concreta en un detalle.



Esquemas funcionales de los componentes de la fachada.

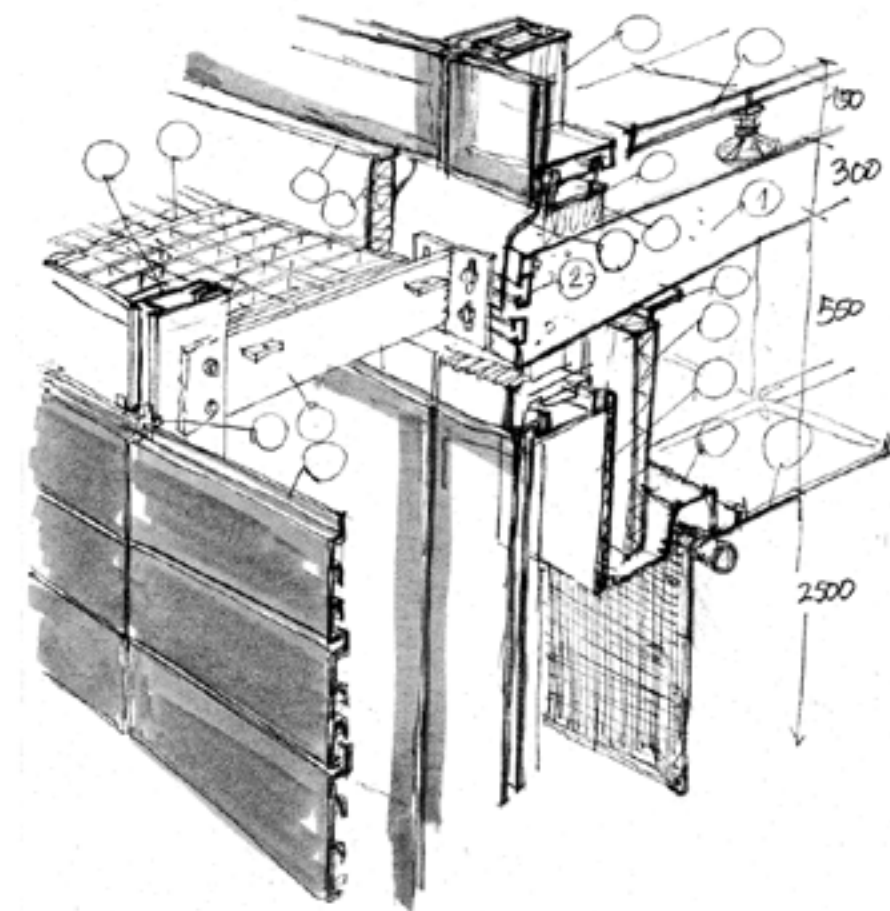
“El nudo” marca un ámbito exacto que permite entender el proceso constructivo a la vez que permite diferenciar cada una de las piezas con las que se construye, por ello obliga a la claridad en la ordenación del ensamble de piezas producidas por la industria como componentes terminados y otros que se aplicarán in-situ completando la fachada.

En este punto también es obligatorio pensar en la industrialización:

- Seriación y repetición de los procesos de producción.
- Variaciones adaptadas a cada punto del cerramiento.
- Entendemos la facilidad de las uniones en el proceso de montaje.
- Los medios necesarios para el traslado de lo fabricado.
- Los medios de elevación y montaje.
- El desmontaje y sustitución de lo deteriorado.

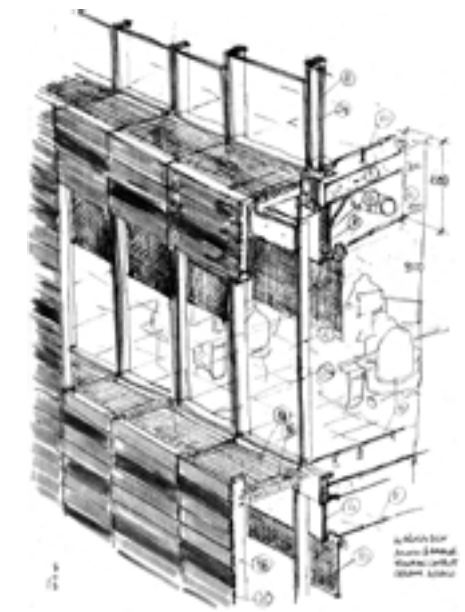
En “el nudo” se explica la manera de construir y muestra las respuestas ingeniosas para la producción de carácter global, con componentes fabricados en diferentes factorías de forma independiente y en varios continentes, para ser trasladados directamente a obra acoplándose en el montaje definitivo. Este proceso es la evidencia de protocolos unitarios para la certificación de la calidad y consecuentemente hacer posible la construcción de arquitecturas en lugares hasta hace poco inimaginables.

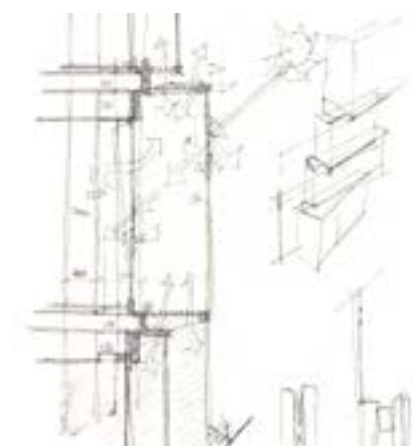
Lógicamente con el funcionamiento de la fachada se definirán los perfiles y su posición con respecto del canto de forjado, el modelo estructural, apoyado o colgado, se indican los cortes y las juntas de dilatación de la propia retícula y la manera de soportar el tipo de panel o de vidrio de que se trate.



Concurso para la Audiencia de Barcelona.

Alonso & Balaguer. 2008.





Definiendo “el nudo” sabremos también el funcionamiento de la protección ignífuga, su la altura, posición y componentes que varían en función de las normativas de cada país y por tanto como se ha explicado anteriormente, nos encontramos con otra de las decisiones claves en el proceso de configuración no tan solo de la fachada, sino de la imagen global del edificio.

Por el plano interior de la fachada, el “nudo” se ha de completar con los elementos que se podrían considerar accesorios o acabados de interior, pero que son determinantes. Se trata de las transiciones entre plano vertical de la fachada y el horizontal del interior, es decir cortinero y cortina, falso techo, la primera línea de luminarias y el sistema de clima en el perímetro de la fachada.

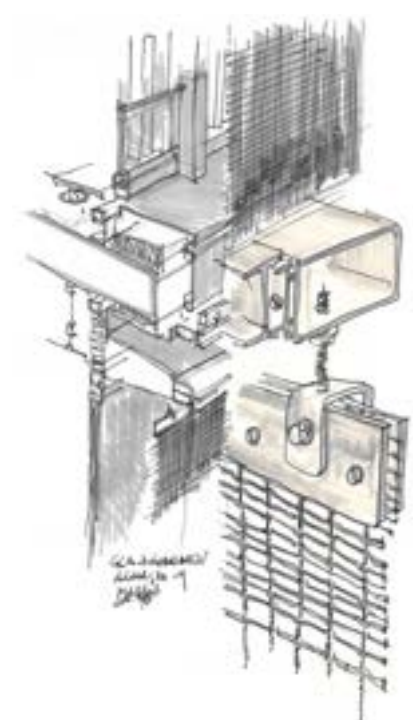


Se va a estudiar y definir el zócalo y el pavimento interior y la manera que se ocultarán todos los elementos de cierre y estanqueidad termo-acústica y del fuego para la independencia entre plantas.

Por todo lo anterior en la mayoría de casos serán evidentes desde el exterior las divisiones entre el panel ciego y las zonas de visión de la fachada. Por ello, se han de dimensionar y situar en función de todos los elementos a ocultar, ya sean de clima, estructura o cortafuegos.

Estamos tratando de resolverlos alzados del edificio en los que aparece las típicas bandas horizontales que tanto condicionan su libertad compositiva.

Sin embargo, lejos de ser un inconveniente, este punto es donde los antepechos, por su cara exterior, van a tener un grado de definición que caracterizará muchos de los proyectos. Ahí es donde se abre el mayor abanico de posibles combinaciones de gamas de materiales y productos, ya sean acristalamientos reflectantes, serigrafiados, simples o dobles, bandejas o chapas de aluminio, de acero o de composite, placas de piedra o perfiles de cerámica o polímeros con las más diversas texturas y formatos.



Se trata de componer y entonar la zona opaca con el resto de la fachada acristalada, destacando las bandas horizontales con un campo enorme de posibilidades en función de la arquitectura de la fachada. Es ahí donde se va a manifestar la habilidad del proyectista convirtiendo en favor del diseño lo que podría entenderse como un problema.

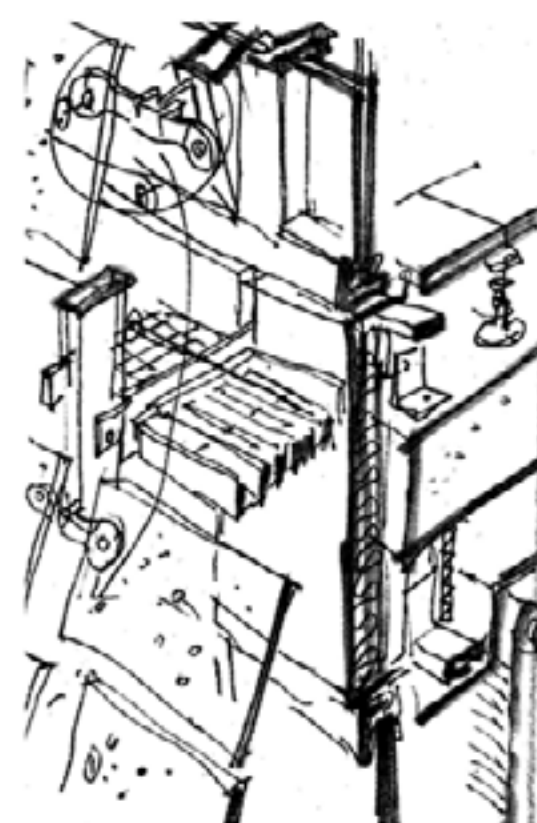
En definitiva, sea para una fachada ventilada, con construcción convencional o seca, sea con una configuración de una piel simple o una fachada multifuncional, sea con variantes de pasarelas o elementos de control solar, el “nudo” describe claramente los conceptos, los sistemas, los materiales y productos con los que se pretende construir la envolvente.

Para ilustrar y como complemento de lo anterior describimos 5 estudios de caso en los que como ocurre en el resto de caso estudiados por este trabajo, el nudo responde a arquitecturas y propuestas técnicas completamente diferentes en cuanto a su concepción, las soluciones técnicas y los materiales con las que se construyen.

Sede Cuatrecasas.
Almagro 9 Madrid.
GCA Arquitectos + Antonio Ruiz Barbarin.

7.5.1. Hospital CIMA Sanitas, Barcelona.

Alonso & Balaguer Arquitectos asociados. 2001-2003.



Proyecto de 22.000m² de superficie construida que se configura mediante dos volúmenes que forman un gran equipamiento urbano. Los dos cuerpos, diferenciados por la materialidad de la fachada, dan cabida a diferentes actividades diferentes, y así mismo, complementarias, como son el deporte y la medicina. El proyecto funciona de forma dual e independiente de cada centro pero manteniendo puntuales zonas de contacto.

En la cara exterior, la piel de la fachada caracteriza cada uno de los centros que compone el proyecto: fachada de piedra blanca para el edificio con la actividad deportiva y fachada acristalada a base de lamas horizontales para el edificio dedicado a la medicina. Se optó para un cerramiento de fachada multifuncional de doble piel, compuesta por **piel interior** con cerramiento que se apoya y fija a la estructura del forjado mediante anclajes de regulación tridimensional en las que se monta un sistema de rastreles en tubo rectangular de 2mm de espesor de acero galvanizado. Los **chapados** están formados por planchas de aluminio de 2mm de espesor con pliegues a cuatro caras y anodizadas de color plata mate de forma directa. Forman los forros de la cara exterior y los pasos de forjado ocultando los paneles aislantes y las placas **cortafuegos** formados por sistema de tubos, planchas de acero galvanizado, dos placas de fibrosilicato de 15mm de espesor, paneles aislantes de lana de roca.

El sistema de chapado está ajustado y sellado en todo su perímetro entre sí y al sistema de carpinterías con una modulación de 2.000mm entre ejes tanto de la piel interior como de la exterior así como a ejes de las cartelas. Los chapados tienen previsto los encastes estancos para el paso de los conectores de la estructura de soporte de la piel exterior. Las **Carpinterías** se montan fijadas al sistema de rastreles y paneles de fachada. Las perfileras son de la series sin rotura de puente térmico. El tratamiento superficial es anodizado plata mate directo. Formando marcos fijos y practicables oscilobatientes de una y de dos hojas, con tarjas superiores o antepechos también fijos que se montarán en los rastreles perimetrales verticales y horizontales. Están previstos los perfiles complementarios del sistema de retícula para rigidizar los montantes de la carpintería según cálculo estático.

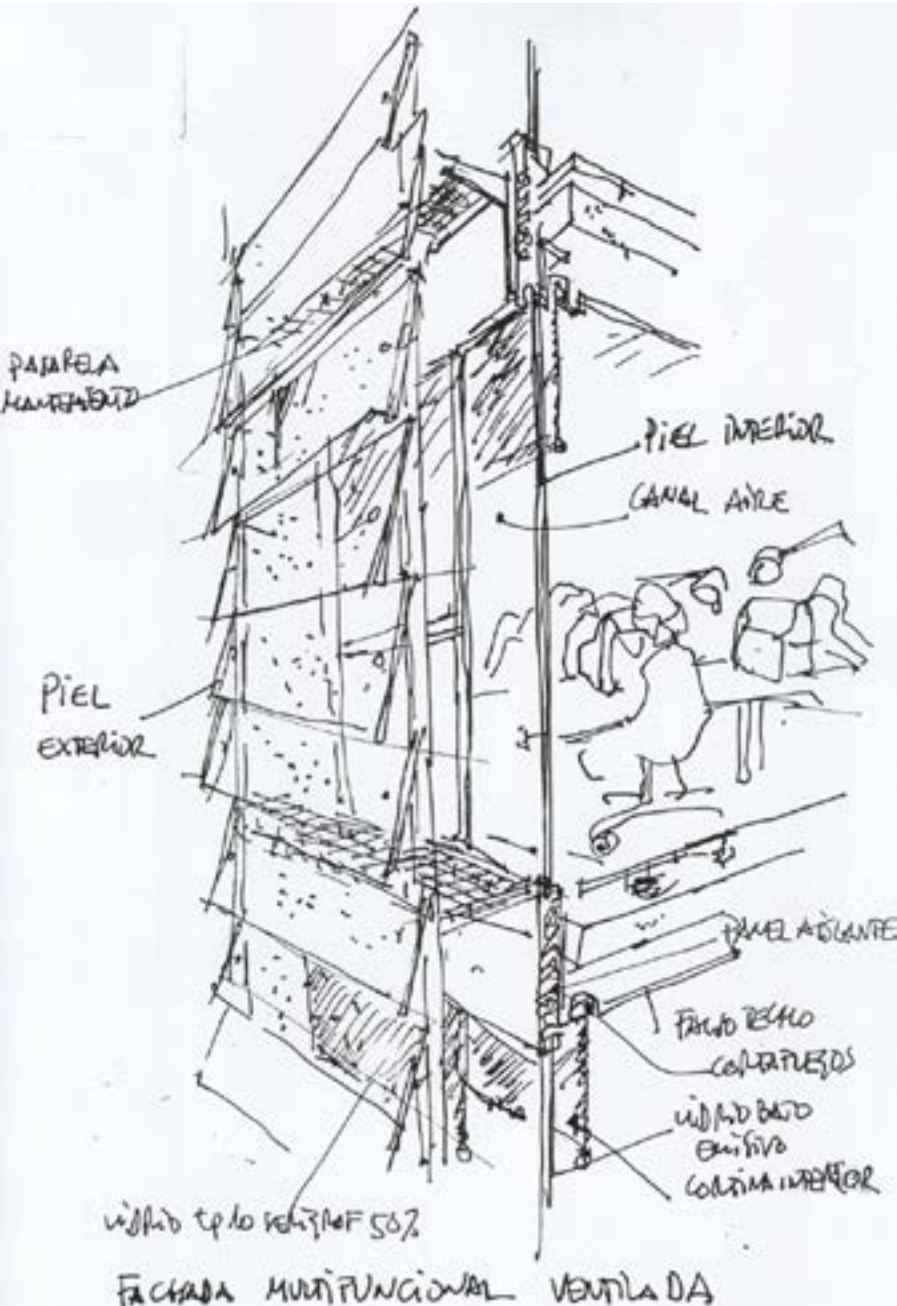
El acristalamiento de las zonas de visión aislante, composición 8/15/4+4mm formado por luna exterior flotada incolora, con capas reflectantes de óxidos metálicos DAG 66-38 de capas bajo emisivo

y de control solar, de 8mm de espesor, de aspecto incoloro y poco reflectante. En el interior acristalamiento laminar de seguridad formado por lunas flotadas y butiral incoloro de espesores 4+4mm con cantos pulidos.

La Piel exterior está formada por anclajes a estructura, ménsulas de soporte y pasarelas tipo Tramex con marco perimetral, anclado al forjado de hormigón y a la estructura metálica portante del edificio. El poste y soportes para acristalamiento están formados por soportes y mainel de acero galvanizado 100 x 50mm y 6mm de espesor, con soportes del acristalamiento en acero inoxidable. El Acristalamiento exterior está formado por luna flotada incolora de 10mm de espesor, templada, con cantos pulidos y mecanizados con dos taladros troncocónicos avellanados. En su cara exterior o interior lleva aplicada serigrafía en caliente de pequeños puntos en aproximadamente el 50 % de la superficie de medidas aproximadas 560 x 2.000mm dimensionado al límite de la capacidad mecánica del vidrio para hacer compatible la modulación del edificio y a reducción de costes.

7.5.2. Hotel AC Forum. Barcelona 22@.
Josep Lluís Mateo-Map Architects. 2002-2004.

Prototipo y Esquema de Principio.
Hospital Cima.



En la zona del fórum de Barcelona hay una enorme manzana con complejo de edificios que se divide en tres grandes volúmenes, el primero, paralelo a la calle Taulat está integrado por una torre rectangular que hacia la mitad de altura se corta, es un edificio de oficinas que hoy ocupa la Conselleria de Benestar social, el otro es el hotel AC Forum y el tercero es el Centro de Convenciones Internacional de Barcelona, propiamente dicho. Las dos torres de volúmenes similares están encarados y tiene grandes voladizos a mitad de altura para albergar los jardines y la piscina del hotel.

El tercero es el más complejo desde el punto de vista de la estructura, pero también la más sencilla en el aspecto formal, es la gran sala del centro de convenciones con sus 20.000m² de cubiertas ajardinadas que se solo se pueden apreciar desde las torres.

Las fachadas de hotel, rascacielos de 90m de altura tienen, como es habitual en un proyecto de Josep Lluís Mateo múltiples partidas desde muros cortina, grandes ventanales, aplacados de vidrio, forros de acero inoxidable y un largo etcétera.

Lo más relevante desde el punto de vista del nudo y de la tecnología de la construcción son las fachadas ventiladas de piedra combinadas con la construcción seca de la hoja interior.

Para resolver las fachadas del cuerpo alto de la torre del hotel en el inicio del proyecto se decidió utilizar un sistema de construcción novedosa en Europa para un edificio de esta magnitud, con hoja interior con placa de fibras cementosas, por su velocidad de construcción y la posibilidad de coordinación dimensional con la hoja exterior de piedra natural. La primera intención fue importar los paneles de Estados Unidos, único lugar donde el proveedor aseguraba la calidad de su producto en cuanto a durabilidad, resistencia mecánica, resistencia al fuego y atenuación acústica. La subestructura de acero se fabricaría en talleres locales y el conjunto se cerraría por la cara interior con



Fachada en construcción con la trama de premarcos.

placas de yeso laminado convencionales. Al inicio del proceso de licitación se consultó a la empresa KNAUF, que en ese momento no aseguraba las prestaciones para un edificio de esta envergadura y altura, finalmente desde Alemania tras haber testado las soluciones planteadas, las aprobaron.

El enorme plano de fachada de la calle Taulat tiene cientos de huecos de las mismas dimensiones pero con una particularidad, la posición relativa del plano del vidrio con la piedra. Las ventanas están en un plano interior, en el plano de la piedra, fuera y “muy fuera”. La ventana pivotante de eje vertical es una de las series con rotura de puente térmico de Technal. Está montada, como es lógico en una fachada ventilada, sobre premarco de acero.

De la misma forma que se hizo en el año 1991 en el edificio de la Illa de la avenida Diagonal de Barcelona, obra de Rafael Moneo, el premarco es la pieza clave del sistema. En aquel momento había que resolver un problema similar de cientos de ventanas de dimensiones similares con la hoja interior de obra de fábrica convencional y aplacado de piedra natural y ventanas a hueco. Habitualmente el suministro de los premarcos formaba parte del contrato del industrial, el replanteo y colocación de los premarcos era por parte de la constructora. En aquella ocasión la premura de tiempo debida al inicio de las Olimpiadas del año 92, fecha en la que el edificio debía estar terminado y operativo, la construcción convencional no hubiera sido posible. Los técnicos de Biosca Fachadas Ligeras propusieron un sistema diferente buscando la contratación de la obra. Para ello idearon y montaron un prototipo a tamaño natural en la obra, con un sistema de replanteo basado en las regulaciones de los ejes X, Y y Z, como si de un muro cortina se tratara. La ventaja de este tipo de montaje es fundamentalmente la coordinación dimensional de los diferentes componentes, y para ello hace falta anticipación en la determinación de las tolerancias de fabricación de la estructura y de los cerramientos. Por tanto el sistema



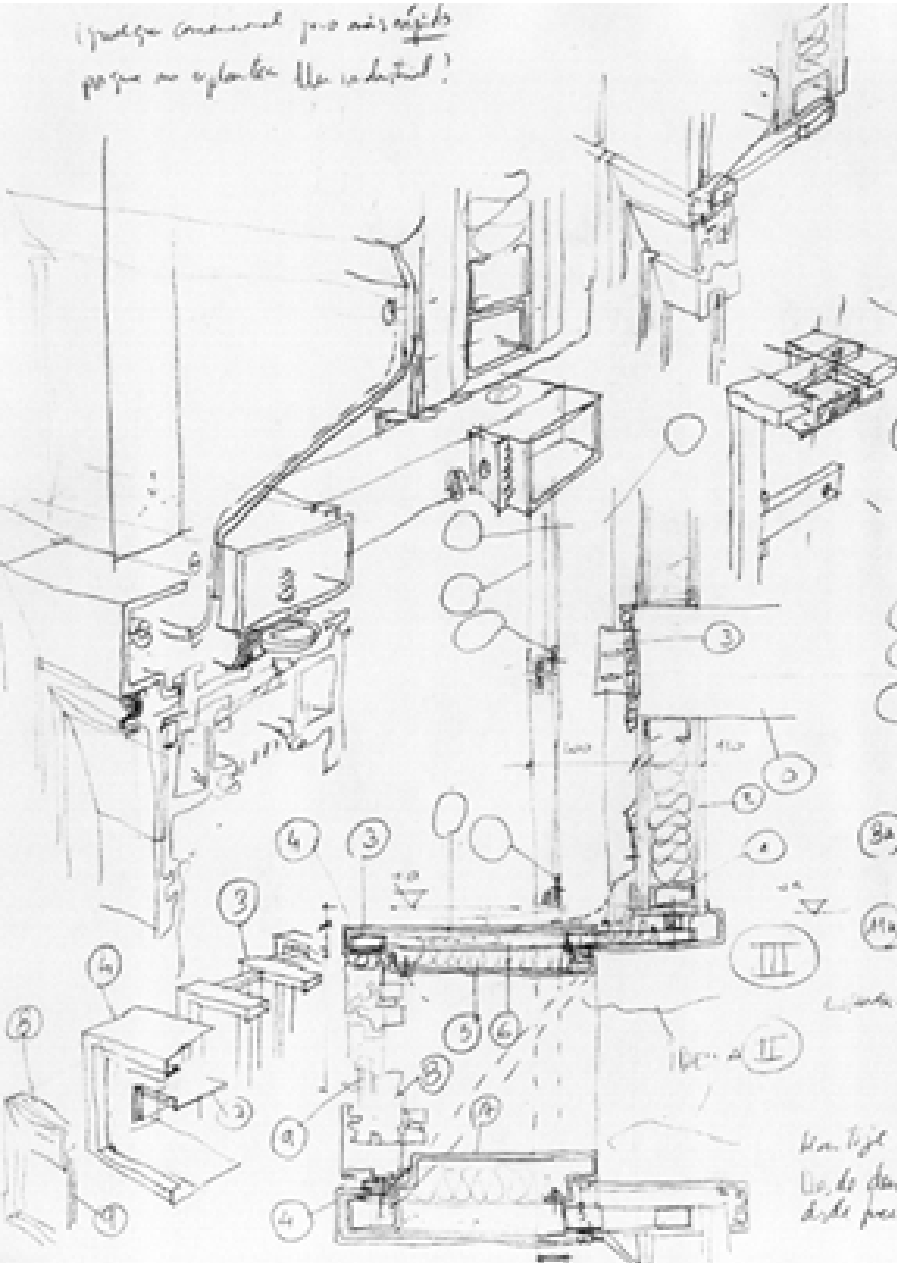
Fachada en construcción con la trama de premarcos.

se basaba en unas “H” que se anclaban en la parte inferior y superior del forjado con unos angulares de apoyo, fijación y regulación.

En el caso de la Illa además se fijaban las embocaduras de chapa de acero inoxidable y a estas las barandillas de pletina de acero inoxidable.

En esta propuesta el suministro, replanteo de la fachada y montaje de los premarcos debía ser misión del fachadista, y por tanto debía asegurar milimétricamente la posición de los huecos.

Diez años más tarde se utilizó el mismo principio para la construcción de las fachadas del hotel AC Forum, pero en este caso, en vez utilizar obra de fábrica convencional, fue con fachada ventilada y construcción seca. De este modo la trama quedaba perfectamente determinada por los premarcos colocados por el fachadista.



Esquema del sistema de premarcos.

Para el nudo es necesaria la coordinación dimensional y geométrica de un complejo conjunto de industriales. En este caso, el colocador de las ventanas, el colocador del dry wall exterior, el colocador de la piedra natural y finalmente el industrial que colocará la placa interior del cerramiento de fachada.

El desarrollo especial del sistema de premarcos para trazado y soporte de la fachada se tuvo que adaptar a las diferentes posiciones de la ventana. En la configuración de la fachada de Mateo, como se ha comentado, esto comportaba el diseño de cuatro elementos de soporte diferentes en función de la posición relativa con respecto al plano de la fachada de piedra y vidrio. A las que habría que añadir una dificultad especial en la fachada mar con la misma filosofía de cerramiento en un plano inclinado y formando unos salientes de grandes dimensiones. Los diferentes estratos de la fachada podían montarse independientemente y en fases sucesivas, desde el interior y desde el exterior, en función de los medios auxiliares disponibles, lo que permitió finalizarla en un tiempo record.

El premarco, badum badum además de su función de replanteo inicial, cumple sus funciones habituales de transmisión y reparto de cargas, tanto de peso como de viento, permite la absorción de pequeños asentamientos estructurales, y a la vez en él se fijan todos los elementos que conforman la embocadura, clave en la fachada ventilada.

La hoja exterior de piedra se soporta con un sistema basado en uno de convencional de MASA, compuesto por anclajes en el canto del forjado, y maineles de aluminio dimensionados para cada uno de los tramos de la fachada. En los perfiles extrusionados se guían las piezas de acero inoxidable que soportan y retienen de modo inapreciable las placas de piedra de gran formato por los cantos y la parte inferior de la pieza.



Edificio de l'Illa diagonal.
Rafael Moneo.

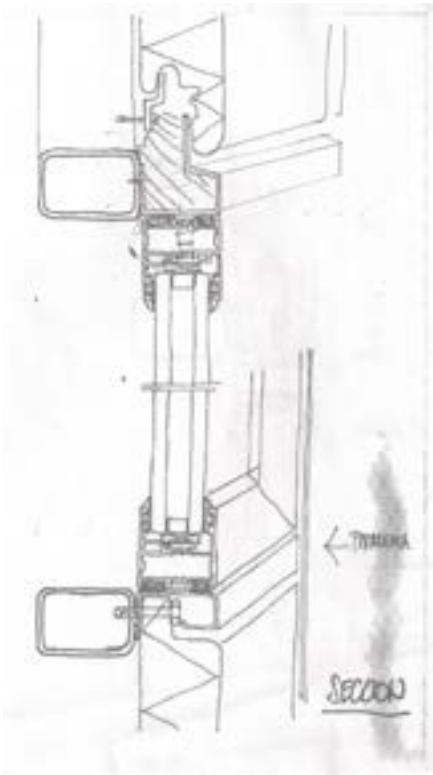
7.5.3. El nudo nº 3 Hospital Infanta Leonor.
Vallecas Madrid.

Araujo-Berned-Vidal. 2004-2006.



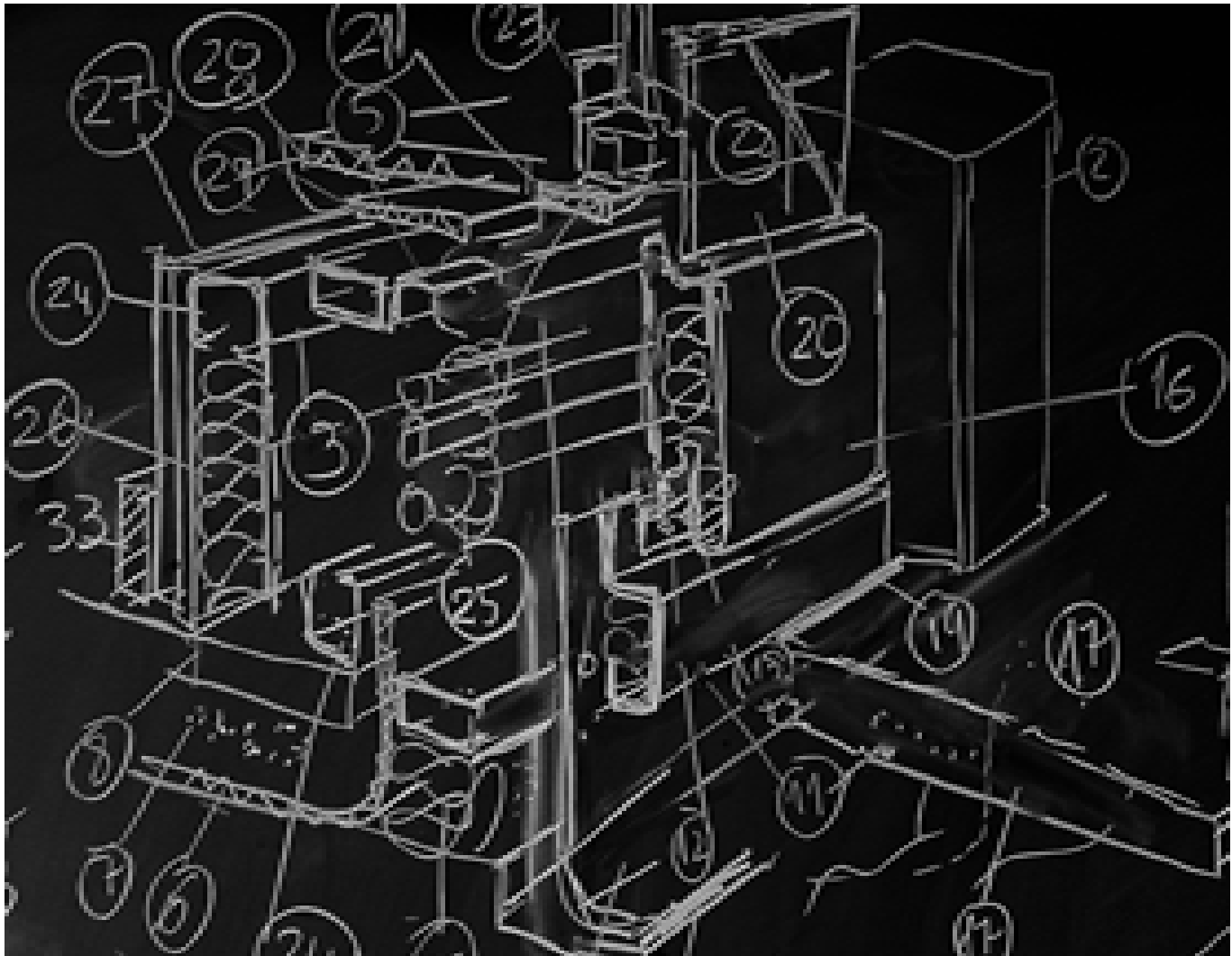
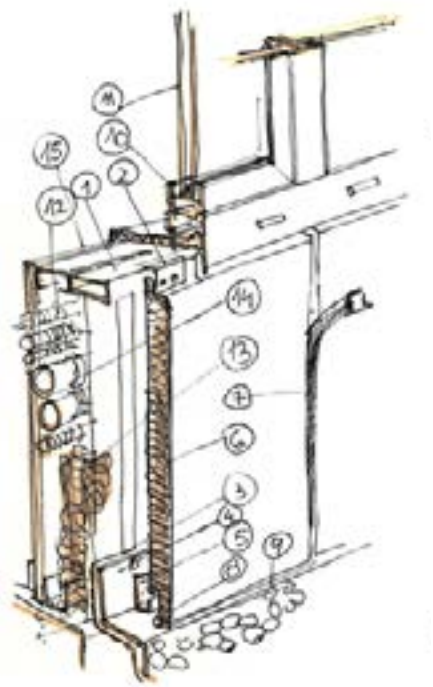
El complejo hospitalario Infanta Leonor en Vallecas, Madrid tiene un riguroso esquema constructivo resuelto con una trama de hormigón y un sistema de cerramiento modular basado en paneles y ventanales, algunos de los cuales equipan un sistema de control solar adicional. Se propone un hospital formado por pabellones con previsiones de crecimiento futuro mediante piezas que se van encajando formando patios que organizan las cuatro pastillas que lo cierran. El espacio entre pabellones es también muy generoso y permite la dotación de zonas ajardinadas visibles desde cualquiera de las dependencias. Cada uno de los bloques tiene aproximadamente 80m de largo y la configuración de pasillo central y dos estancias a lado y lado permite la ventilación, vistas e iluminación directa de todas ellas.

La estructura general de los edificios tiene una trama modular fija de 7,20 x 7,20m y 3,90m de altura. El cerramiento acorde con esta modulación tiene cuatro elementos como la estructura de hormigón, ventanales acristalados, persianas para el control solar y paneles opacos aislantes. La variación de su composición permite adaptarse a todas las necesidades del programa, desde habitaciones, laboratorios, consultas, salas para diferentes usos, circulaciones etc.



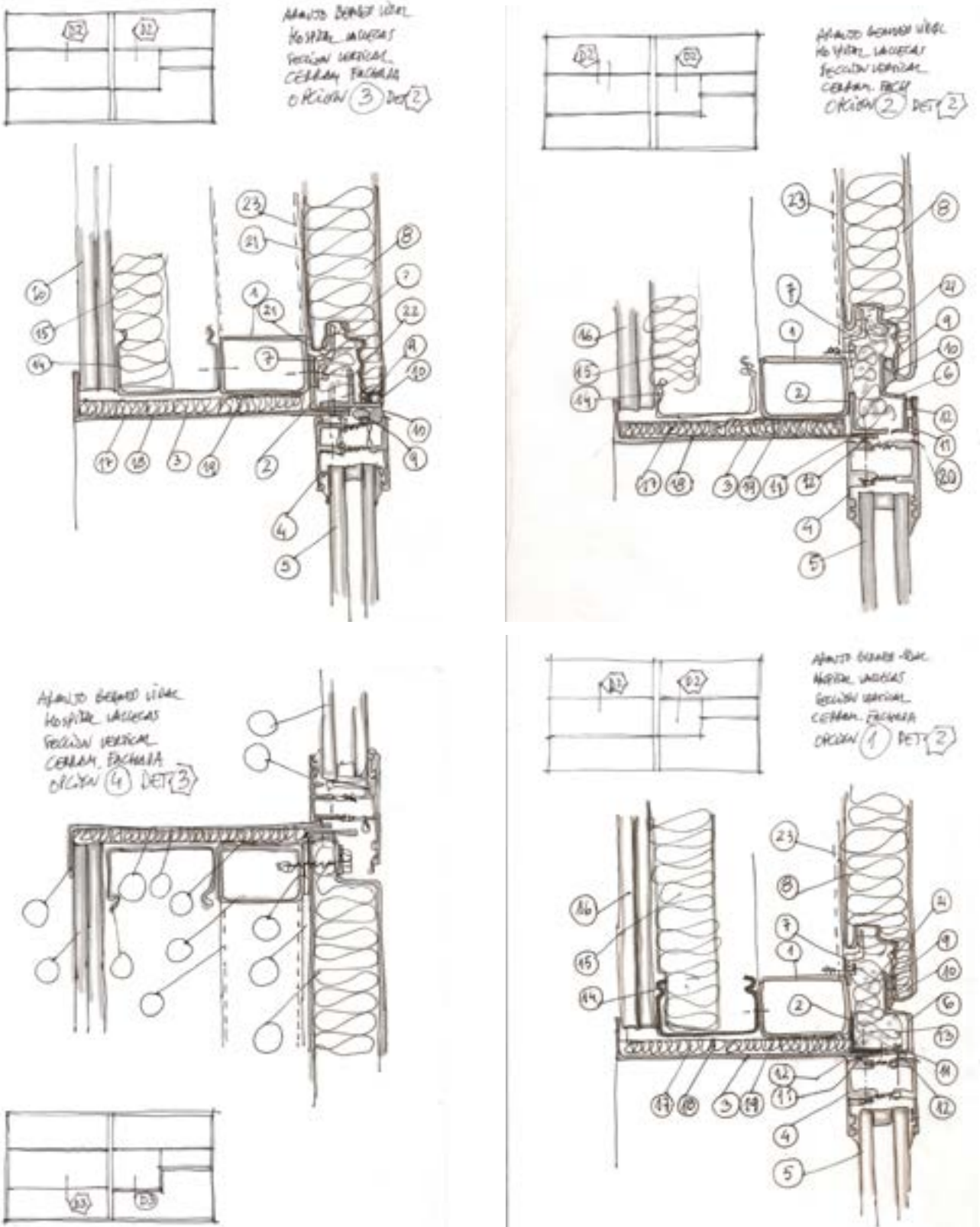
La racionalización del sistema de cerramiento acoplado a los huecos de la estructura ha posibilitado con un coste muy reducido dotar al hospital de unos cerramientos de calidad. Los aleros de la estructura de hormigón tienen una triple función, cortafuegos, pasarela de mantenimiento y control solar.

La sección estándar del cerramiento de 22.000m² se construye de manera que los cuatro elementos descritos se coordinan en función de las necesidades de control solar, privacidad, accesos, etc. pero el nudo es el mismo siempre, en todas las variantes. Sobre una estructura metálica tubular se apoyan los paneles aislantes de acero con alma de poliuretano que se rematan contra el pavimento o el alero con láminas butílicas y chapas de remate, el mismo sistema se utiliza para el dintel de los módulos. Las juntas verticales entre paneles son los machihembrados estándar que cuando se encuentran con las perfileras de las ventanas o de los ventanales acristalados quedan cubiertos por el propio perfil de aluminio en forma de T que sustituye al perfil convencional simplificando de esta forma los remates perimetrales. En la cara interior de las zonas opacas se dobla con un panel de yeso laminado colocado utilizando como base la misma trama de perfiles de acero que configura los distintos módulos. Entre ambos paneles, interior y exterior, pasan las instalaciones perimetrales que dan servicio al hospital y se completa el conjunto con un nuevo panel aislante térmico y acústico.



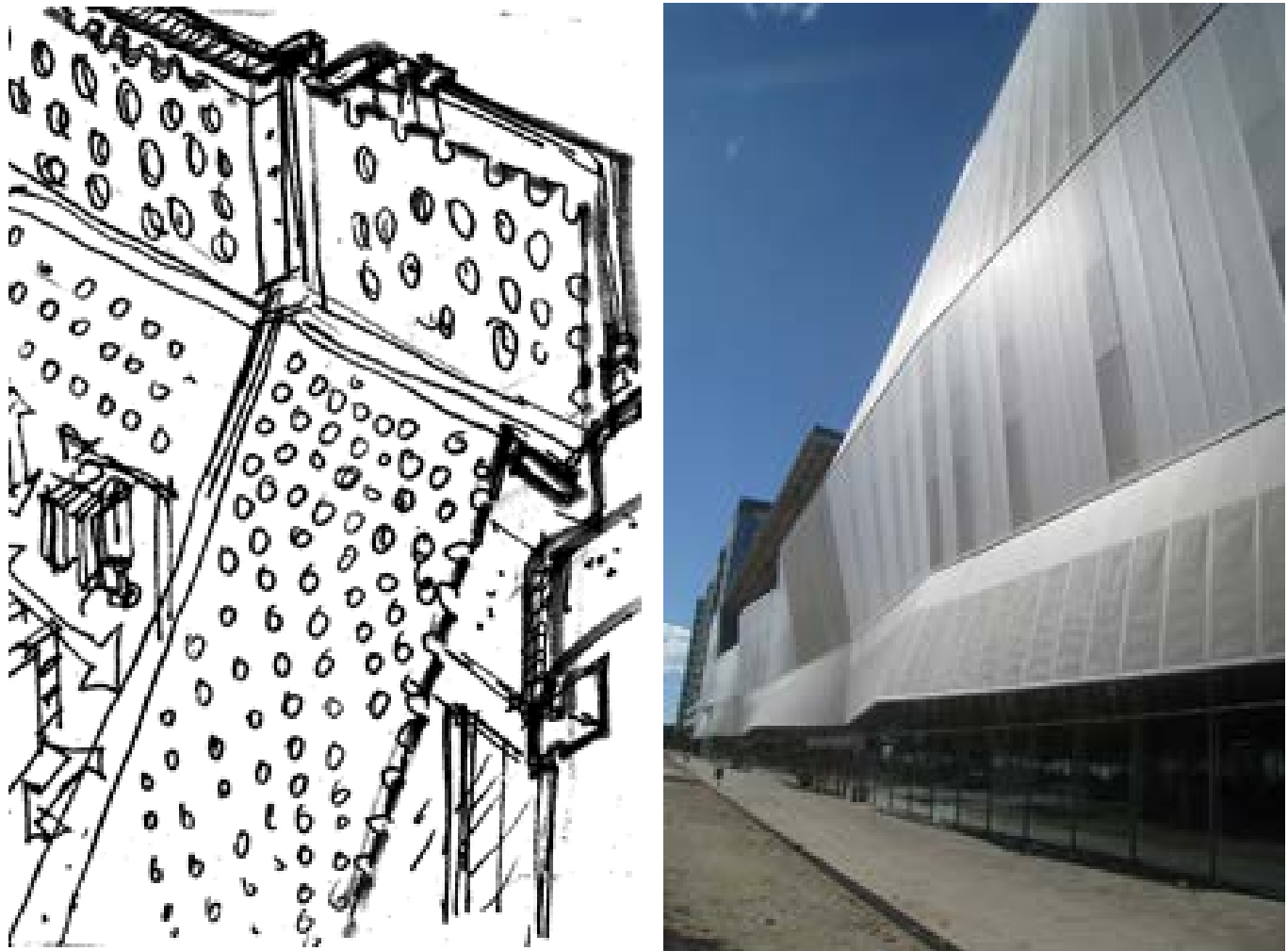
En las plantas de hospitalización se disponen, con un accesorio del sistema de cerramiento, las persianas motorizadas de lamas orientables y replegables para controlar la radiación solar directa, tamizar la luz y dar el grado de privacidad necesario. En el plano interior se equipa también con un sistema de control lumínico mediante “stores” o persianas venecianas. En determinadas áreas se colocaron también marcos de gran formato de lamas orientables de perfil extrusionado de aluminio.

Croquis alternativas unión ventanal - Panel.



7.5.4. CCIB, Centro de Convenciones Internacional de Barcelona.
Distrito 22. Barcelona.

Josep Lluís Mateo-Map Architects. 2002-2004.



Esquema y obra acabada.

La fachada se desarrolla a lo largo de sus cuatro caras, norte, sur, este y oeste, de las cuales son principales las tres últimas. Se trata de un proyecto que combina varios sistemas de carpintería. En algunos casos estos se superponen para actuar como parasoles, quedando el edificio configurado por dos pieles: la exterior, siguiendo formas alabeadas y la interior también aunque con menores ángulos respecto del plomo de la vertical.

El revestimiento de panel composite perforado tiene una estructura modular, de marcos rectangulares planos de acero galvanizado fijado a estructura metálica, en algunos casos tiene panel sándwich interior, paneles aislantes o ventanas acristaladas.

La solución constructiva más innovadora de las utilizadas en el CCIB, es la de la piel exterior alabeada con la que se trata la mayor parte de las fachadas este, sur y oeste. Debido a las diferentes prestaciones a conseguir y la variada composición de elementos, la podemos denominar fachada multifuncional polivalente.

La voluntad arquitectónica de generar una piel exterior alabeada que cubriese y unificase el aspecto exterior de espacio con usos y necesidades diferentes, llevó a la búsqueda de soluciones constructivas modulares en las que a una capa exterior fuese común para todas las situaciones a la que se le adicionaron otros elementos, como ventanas o paneles aislantes según las necesidades a cubrir.

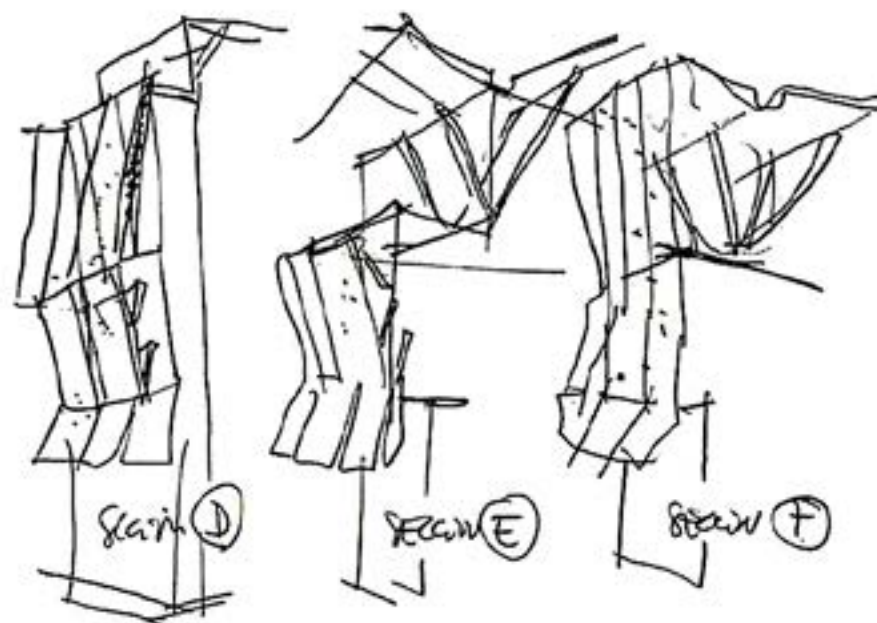
La mayor dificultad a resolver fue la concordancia entre las geometrías y los volúmenes proyectados para cada uno de los cerramientos y las soluciones constructivas derivadas de piezas planas, con módulos de gran formato, que debían articularse para seguir el desarrollo previsto.

La otra gran cuestión conflictiva fue la compatibilidad dimensional y de tolerancias de construcción, entre piezas de talles y otras ejecutadas in situ, paneles y estructura, con los conflictos normales de replanteo resueltos con anclajes y piezas especiales de regulación tridimensional de altas prestaciones mecánicas, capaces de absorber sin modificaciones todas las situaciones de la obra.

Ante lo complejo de las diversas situaciones, con los mismos sistemas de base mediante marcos de acero, a los que se acoplan diferentes elementos de relleno y de acabado exterior e interior, se construyeron las siguientes soluciones:

Piel exterior de paneles composite de aluminio de 0,4mm de espesor y núcleo de polietileno entre ambas. Con acabado superficial lacado tipo PVDF y diferentes mecanizados de su superficie (perforado o repujado).

Este material fue elegido por la facilidad de adaptarse a las superficies alabeadas con una fácil manufactura y un aspecto superficial terso. El material fue sometido a pruebas de envejecimiento acelerado mediante ensayo en cámara de niebla salada con el fin de verificar su idoneidad para una ubicación próxima al mar, y atendiendo a las especiales características de perforación requerida por el proyecto. Finalmente como en otros materiales empleados en el proyecto, este fue llevado hasta el límite de las posibilidades de producción del



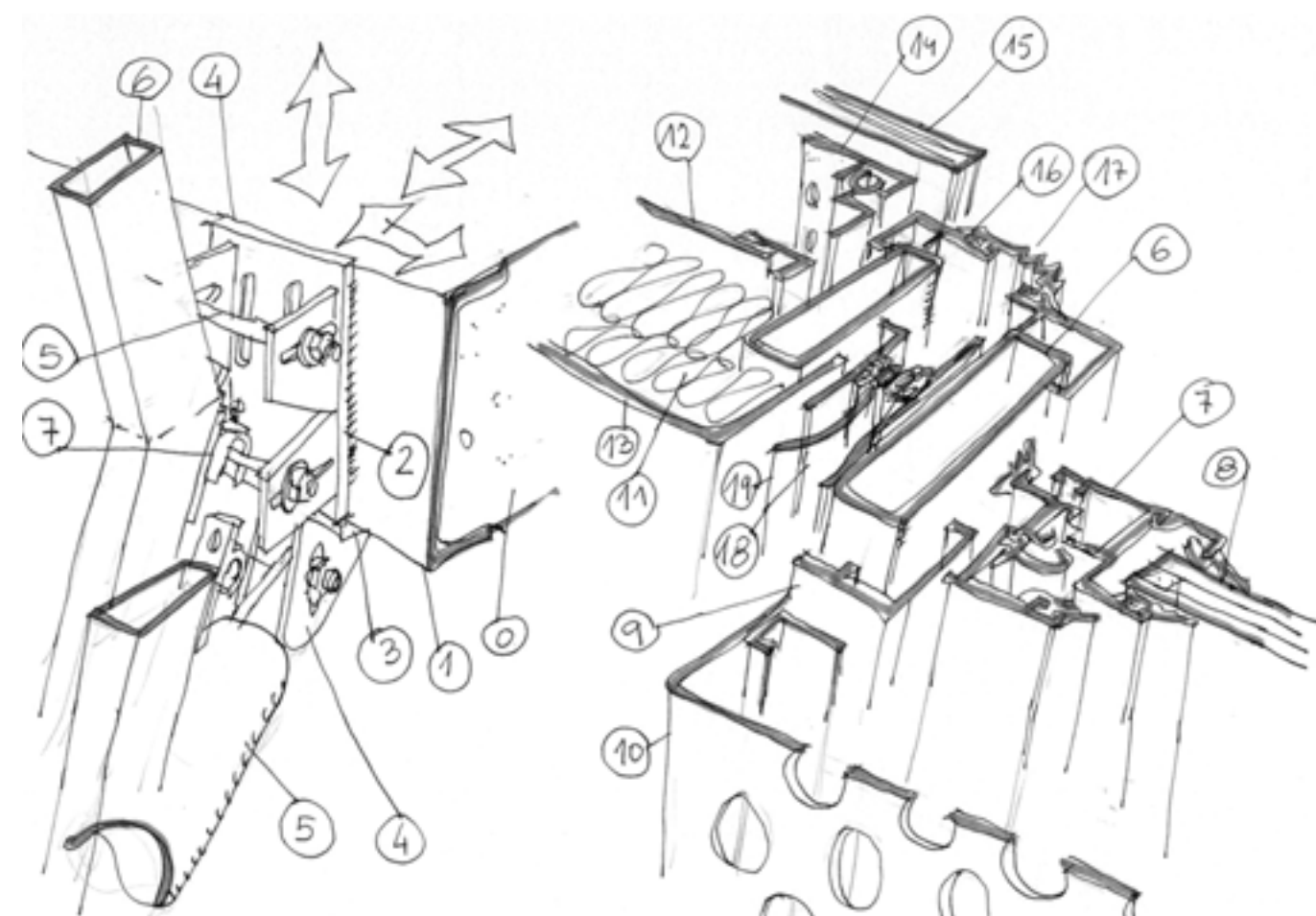
Esquema de tipologías de diferentes sectores del edificio.

momento, con paneles de 8,5m de longitud por 0,95m de anchura. A pesar de los resultados positivos de dichos ensayos el estado de deterioro de los paneles en la actualidad es evidente, lo cual debería hacer replantear por una parte la fiabilidad de los ensayos y por otra la calidad de los diferentes composite que bajo la misma definición tienen procesos de fabricación con adhesivos, plásticos y aleaciones de aluminio que resultan radicalmente diferentes en cuanto a la calidad.

Carpintería de aluminio acristalada en los módulos con visión al exterior, con elementos practicables para la limpieza y mantenimiento de la cara exterior.

Paneles aislantes formados por chapa de acero galvanizado y alma de poliestireno extruido de 60mm de espesor en los módulos opacos. La solución constructiva de los marcos se basa en una estructura metálica de tubos de acero galvanizado formada por montantes y travesaños adaptada a la geometría alabeada de la superficie exterior, a la que en taller se le acoplaron los diferentes componentes, de forma que la puesta en obra se limita al izado de los módulos y su posterior anclaje a forjado, con un único sistema de estanqueidad. Esta estructura común reduce los sistemas de puesta en obra y anclajes a forjado, a uno solo, simplificando el replanteo en obra. Por otro lado la concepción prefabricada reduciendo los procesos a ejecutar en obra obedece a las necesidades de cumplir un plazo de ejecución muy exigente con las máximas garantías de calidad en los elementos terminados. Los diferentes componentes se combinan

Anclaje para regulación 3D y construcción modular con diferentes acabados.



según las necesidades de los espacios interiores, y así obtenemos múltiples soluciones constructivas, en las que siempre son comunes el marco estructural de soporte y los perfiles de aluminio y EPDM que han de configurar el sistema de estanqueidad.

Podemos distinguir cuatro casos:

Piel exterior de panel composite perforado en forjado de planta primera formando superficies muy alabeadas que cubren inclinaciones entre 30 y 90 grados como si de un parasol se tratara.

El mismo tipo de panel perforado que en el caso 3.1 pero formando una fachada de doble piel con un muro cortina acristalado en la hoja interior.

En algunos casos la estructura portante tiene carpintería montada en los huecos de la retícula, y en la cara exterior los paneles perforados formando un único elemento constructivo. Los elementos practicables facilitan el mantenimiento y la limpieza de la cara exterior del vidrio. En las zonas donde es necesaria una protección del ruido adicional, el vidrio está compuesto con laminas especiales de absorción acústica.

Piel exterior de composite repulsado con el mismo tamaño y distribución que el resto de paneles y panel aislante, térmico y acústico, integrado en los marcos de acero con acabado por el interior con panel de madera o chapa galvanizada según los requisitos.

Uno de los componentes más interesantes de esta fachada es el anclaje de acero laminado y galvanizado, que se fijará mediante soldaduras a la estructura portante del edificio. Los anclajes para grandes cargas son perfiles laminados en frío y/o en caliente con espesor de 8mm. Deberá absorber los movimientos de dilatación de la estructura del edificio y seguir con precisión la doble línea de replanteo de los dos forjados contiguos, el sistema de anclaje con regulación tridimensional es válido para todas las orientaciones e inclinaciones de los paneles.

La construcción modular con marcos de acero y perfiles de aluminio perimetrales es un sistema versátil que permite adaptar los diferentes complementos para EDR, vidrio fijo o practicable, panel opaco, altas prestaciones acústicas. En definitiva, la combinación de elementos sencillos y materiales disponibles a coste razonable ha permitido, después de un largo proceso de investigación, no perder ninguno de los condicionantes de proyecto, apurando las prestaciones adecuadas a la piel continua y alabeada característica de la obra.

Secuencia desde el prototipo a la obra terminada.

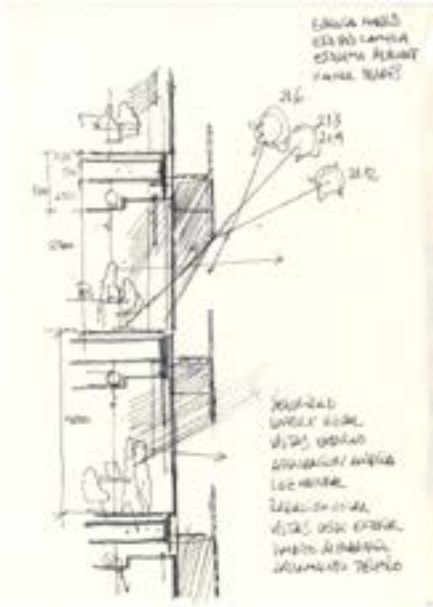


7.5.5. El Nudo nº7 Edificio oficinas Ebrosa, Madrid.
Estudio Lamela 2007-2009.

La concepción del proyecto para el edificio Ebrosa, viene dada por la adaptación al lugar, estratégico junto a la M-40. El edificio se plantea una doble piel a modo de gran pantalla sobre la autopista que deja en el interior un gran espacio-jardín en el que se disponen los núcleos de comunicación vertical. La fachada de *leds* aporta una imagen tecnológica y cambiante del edificio. En la planta baja porticada se accede a través de una gran caja de vidrio que busca reforzar la simplicidad de líneas y el aspecto tecnológico del edificio. Un edificio de oficinas de 14.300m² que se concibe desde la funcionalidad, y es flexible, modulado y fácilmente programable, ya que permite obtener luz natural y vistas lejanas a través de las diversas pieles construidas.

La fachada principal se resuelve mediante un revestimiento de muro cortina de silicona estructural con perfilera oculta. El sistema compuesto por un entramado de montantes y travesaños con doble fijación superior e inferior de forjado para reducir el canto del perfil y entrar dentro del espacio reservado para la fachada de 250mm. Las guías de pre-anclajes al forjado están embebidos al hormigón debido a su condición de pos-tensado, y permiten la regulación tridimensional.

El acristalamiento de visión orientado a sur está formado por un vidrio exterior con bajo emisivo y control solar, cámara de aire deshidratado con intercalario negro y vidrio interior laminado, acústico incoloro. Para el acceso de bomberos se dispone el mismo acristalamiento templado y sin laminar con la protección añadida de un tubular metálico.



Esquema del coconcepto energético de la envolvente.



El acristalamiento del panel opaco en frentes de forjado, se realiza mediante vidrio monolítico de 8mm templado y serigrafiado, y un fondo de chapa de aluminio de color a definir, para empatar la reflexión y aspecto con el acristalamiento de visión.

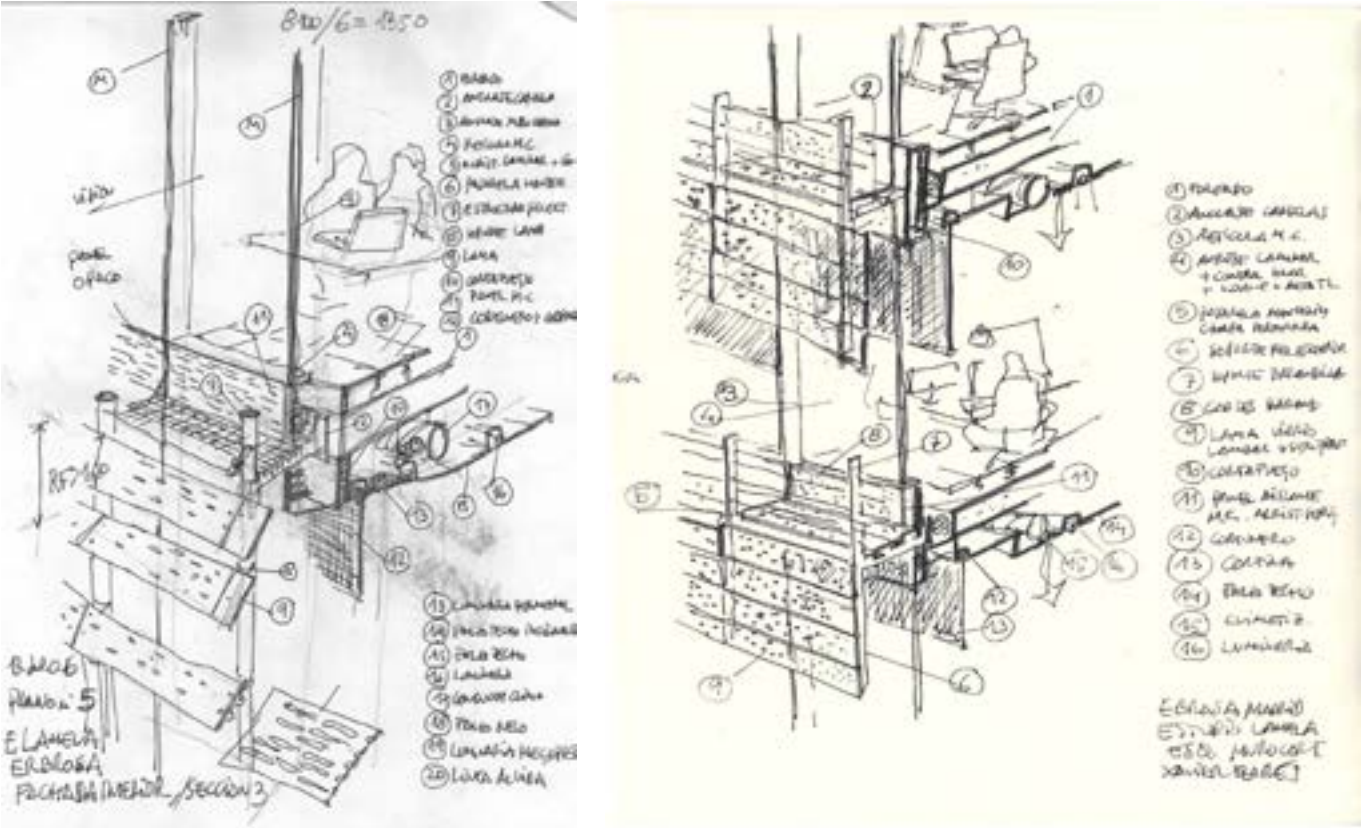
El paquete de franja RF está compuesto por una bandeja de chapa de acero galvanizado fijado a los refuerzos de acero de los montantes del muro cortina, que sirve también de contención de la lana de roca y soporte de la placa de fibrosilicatos. Con cierre termo-acústico de borra de lana de roca, contenida por chapa de acero galvanizado y protegida también por una placa igual a la del plano vertical.

Los elementos de remate de chapa plegada de aluminio termo-lacado están fijados al muro cortina y si las cargas son considerables se anclan al refuerzo de acero.

Para la protección solar de la fachada sur se plantea una pasarela de mantenimiento con un descuelgue de lamas de vidrio serigrafiado para mejorar el control solar.

La pasarela se sustenta mediante unas cartelas de chapa de acero fijadas directamente al montante del muro cortina con refuerzo de acero que soporta una doble pletina para soportar los cables de la barandilla y los vidrios de las lamas. La subestructura de soporte para las lamas y la barandilla está formada por una estructura de soporte de lamas de vidrio a base de doble pletina de acero inoxidable mecanizada para paso de barandilla de cables, anclada a las cartelas de chapa de acero con dos fijaciones de tornillo y por un soporte de lamas formado por T de acero inoxidable fijado a una estructura de pletinas con dos fijaciones y una grapa exterior en forma de omega de acero inoxidable.

Proceso de ajustes y concreción en función de la escala.



El acristalamiento está formado por las lamas de vidrio laminado por dos lunas de 6mm templadas, una de ellas con serigrafía, colocada en cara 1, de puntos uniforme en toda su superficie y una cubrición entre el 30 y el 40%, fijado a un perfil metálico con bandas bi-adhesivas y retención mecánica.

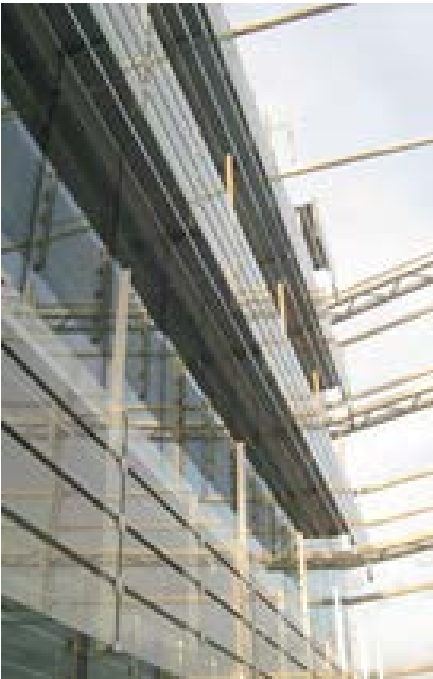
La pasarela está compuesta de tres bandejas de chapa de acero galvanizado de 2mm de espeso, plegada conformada en taller, perforada y repujada, fijada mecánicamente a cartelas de soporte de cada módulo de fachada, mediante tornillos métricos de sección mínima M12.

Y la barandilla formada por una serie de cables tensados, con la altura necesaria para mantenimiento. Los cables de acero inoxidable AISI 316 de 6mm de diámetro con tensores de horquilla inoxidable.

Contra la contaminación acústica de la M40 de Madrid, el concepto de la mega-piel es de una gran barrera de vidrio con franjas de diferente espesor y de diferentes serigrafías, tapetas y colores.

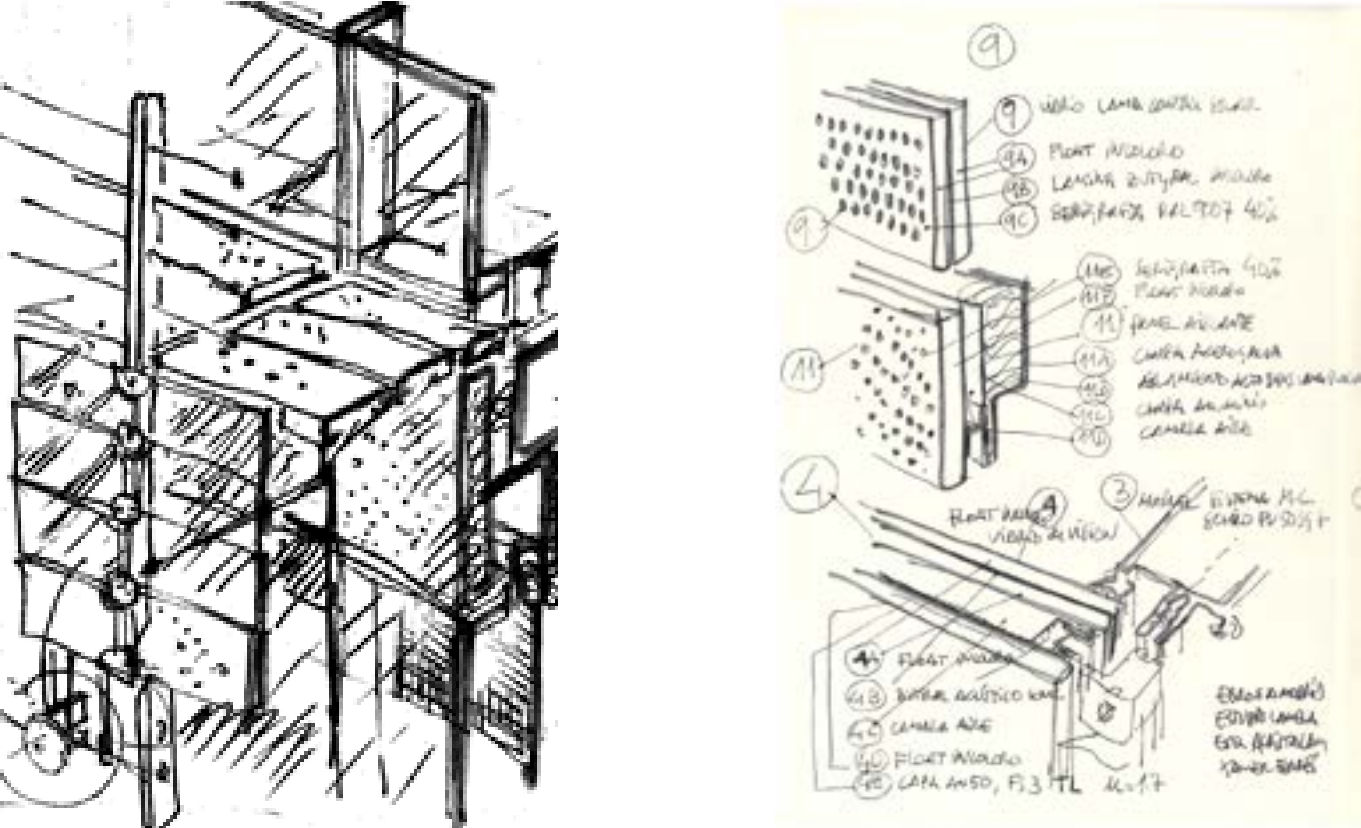
Un entramado de muro cortina de aluminio, con fijaciones mecánicas para su aptitud de servicio en una zona expuesta al exterior, se superpone a la estructura metálica de la escalera.

El acristalamiento es un 10+8 templado, con serigrafía, apoyado superior e inferiormente, con tapetas de diseño especial que pueden ir variando aleatoriamente y en función de la cantidad y calidad de la sombra que se quiera proyectar.



Detalle de los parasoles de vidrio.

Proceso de ajustes y concreción en función de la escala.



Con inclusión de una pasarela pensada para poder realizar el mantenimiento periódico del propio sistema de muro cortina, como limpieza del acristalamiento de la cara interior. Para no añadir más elementos que puedan interferir en la visual de la propia mega-piel o a través de ella, se elimina la colocación de una barandilla supliendo la seguridad con una línea de vida a la altura del primer travesaño a lo largo de toda la pasarela. Se sustenta a través de unos rastreles en “L” fijados puntualmente a lo largo de los dos travesaños que coinciden con el pavimento de cada planta del edificio. La pasarela está compuesta por una sucesión de bandejas de chapa plegada conformada en taller, perforada y repujada, fijada mecánicamente entre ambos rastreles con una modulación perpendicular a la dirección de la pasarela.

La iluminación de la envolvente exterior se plantea en dos variantes a estudiar mediante prototipos, ambas se basan en el empleo de luz de color sobre la fachada acristalada. Una variante consta de proyectores exteriores colocados en la parte baja de la envolvente proporcionando luz rasante exterior sobre el vidrio serigrafiado de fachada, la otra se basa en la inserción de luminarias led lineales horizontales colocadas sobre la pasarela de mantenimiento proporcionando luz rasante desde el interior y sustituyendo la serigrafía por láminas PVB de color tipo Vanceva.

Obra acabada



8. Diseño y construcción.

Las arquitecturas relacionadas directamente con la materialidad y la construcción tecnológica son un desafío y una oportunidad para innovar con racionalidad que pasa por momentos de incertidumbre y pueden hacer fracasar la más brillante de las ideas. En las últimas décadas ha emergido una nueva tendencia para hacer arquitecturas con imágenes muy potentes, que utiliza la reflexión, los grados de transparencia y la suma de capas con variaciones, cambios y movimiento de la luz natural y artificial para crear un sentido de espesor espacial.

Los proyectos basados en fórmulas referenciadas en el star system de la arquitectura nos lleva en muchos casos a la reproducción de propuestas deslocalizadas que se usan, con pequeños ajustes, exactamente igual sin tener en cuenta la relación con el lugar. Estas propuestas nos conducen además a arquitecturas cuya materialización pasa por momentos críticos durante las fases de proyecto y construcción debido a la falta de solidez técnica en relación a su complejidad.

La piedra natural, vidrio, acero, cobre, cerámica o composites, por citar algunos ejemplos, son frecuentemente uno de los puntos de partida de los proyectistas. Plantear el material como argumento de base para la composición arquitectónica es una limitación que va a condicionar el desarrollo del proyecto.

La creciente necesidad de diseñar envolventes energéticamente eficientes con una visión integradora de las estrategias de sostenibilidad en el diseño, es otra de las claves del concepto inicial de muchos proyectos. Por ello se combinan los materiales más avanzados para revestimientos que aseguren las más altas prestaciones.

Algunas de las ideas se reflexionan con maquetas y con modelos a escala reducida, o con modelos informáticos que dan lugar a imágenes que se producen como representación de la realidad futura. La arquitectura representada puede construirse con múltiples variantes de la misma técnica, utilizando sistemas que son a su vez otro de los argumentos de partida. Por este motivo no siempre hay sintonía entre lo que se representa, lo que se puede producir y lo que realmente se cree que se ha proyectado.

El arquitecto debe, por obligación, controlar todo, desde el punto de vista de la dimensión y de las prestaciones, del funcionamiento y del resultado y esto entra en contradicción con el riesgo y la previsión necesaria de los resultados por los que se ha apostado.

El problema planteado requiere una mayor comprensión de las características estructurales, y del comportamiento de materiales y sistemas. Estos retos requieren de técnicos especializados como parte del equipo de diseño desde las primeras etapas.

8.1. Desde el arquitecto artesano a la consultoría.

El arquitecto artesano combina su conocimiento con las aportaciones supuestamente desinteresadas de los industriales, que proponen su colaboración para que se les favorezca en el proceso de licitación y contratación, e incluso una vez adjudicada la obra.

Esta fórmula no cumple con dos de las normas fundamentales de un proyecto de arquitectura. De una parte la independencia en la toma de decisiones que queda coartada por el retorno que espera el industrial, y de otra parte, la no integración de todas las disciplinas vinculadas al cerramiento, y en global del proyecto.

En los estudios de arquitectura, que no suelen tener una estructura tan amplia como la de las grandes firmas, es poco común contar con especialistas internos que controlen adecuadamente algunos aspectos fundamentales de un proyecto como las estructuras o las instalaciones y, especialmente las fachadas. Es muy difícil por tanto manejar la técnica y sus repercusiones en la arquitectura, su transcendencia económica o en la organización del proyecto, así como las relaciones con los demás equipos.

Para mejorar la calidad del proyecto y de su ejecución material, además de los miembros del propio equipo redactor del proyecto, hay que contar con colaboradores externos, en las más diversas fórmulas, ya sean profesionales independientes o con intereses vinculados a marcas de sistemas o productos.

De esta manera habrá una figura que se encargará de desarrollar todo lo que concierne a las envolventes de un proyecto, siempre en coherencia con el global de éste. Este especialista interno se mantiene desde hace décadas a pesar de la sofisticación del mercado y de las mayores exigencias de calidad, gracias a la especialización, y se encuentra habitualmente en las siguientes fórmulas:

- Arquitectos o ingenieros del equipo de diseño arquitectónico EDA, quienes aportan su conocimiento y experiencia. Es muy difícil estar al día y competir con los recursos de oficinas especializadas o de equipos pertenecientes a la industria. Por tanto, las limitaciones en función del tamaño o complejidad del proyecto son evidentes desde los primeros estadios del proyecto.
- Colaboración de las marcas que asesorarán temas de sistemas de perfiles, acristalamientos, paneles, sistemas de cortafuegos, lamas, automatismos, etc. pero tratadas individualmente, dejando la síntesis y las interacciones de cada uno de ellos, para el propio EDA.
- Colaboración de industriales constructores de fachadas vinculadas a una marca y sus sistemas. El repertorio de soluciones está relacionado directamente con su catálogo y las posibilidades de modificación o de evolución son muy reducidas. Debiéndose recurrir igual que en caso anterior, a la integración de los temas aislados por parte del propio EDA.
- Colaboración de industriales, constructores de fachadas con recursos de ingeniería propios, para desarrollo de sistemas. Nuevamente las

soluciones aportadas se limitan a las posibilidades de fabricación del propio industrial. Por otra parte en muchas ocasiones la colaboración es muy básica en cuanto a contenidos y calidad.

En todos estos casos el interés es directo, ya que las ayudas al desarrollo del proyecto, se pueden ver recompensadas con un mayor conocimiento del proyecto a la hora de valorarlo y de competir con el resto de industriales. En este caso, la dificultad es administrar las soluciones técnicas para bloquear el proyecto y que el esfuerzo económico del industrial se pueda ver recompensado por la contratación. En todo caso las aportaciones de los industriales llegan siempre en fases muy avanzadas del diseño y su colaboración es como en los casos anteriores parcial, desde el punto de vista documental y la interacción con el resto de consultores es prácticamente nula.

- Colaboración de consultores especialistas externos o integrados en el equipo profesional de diseño. Su actividad es proactiva y propositiva, independiente con una aportación plural no vinculada a marcas o productos. El consultor aporta su *knowhow* variado y actualizado con una visión global en favor del objetivo común.
“Aunque trabajemos en equipo, aunque colaboremos en grandes oficinas, aunque el proyecto reúna a muchos especialistas, es absolutamente necesaria la visión integradora y solo la puede aportar quien tenga una sólida base técnica.”

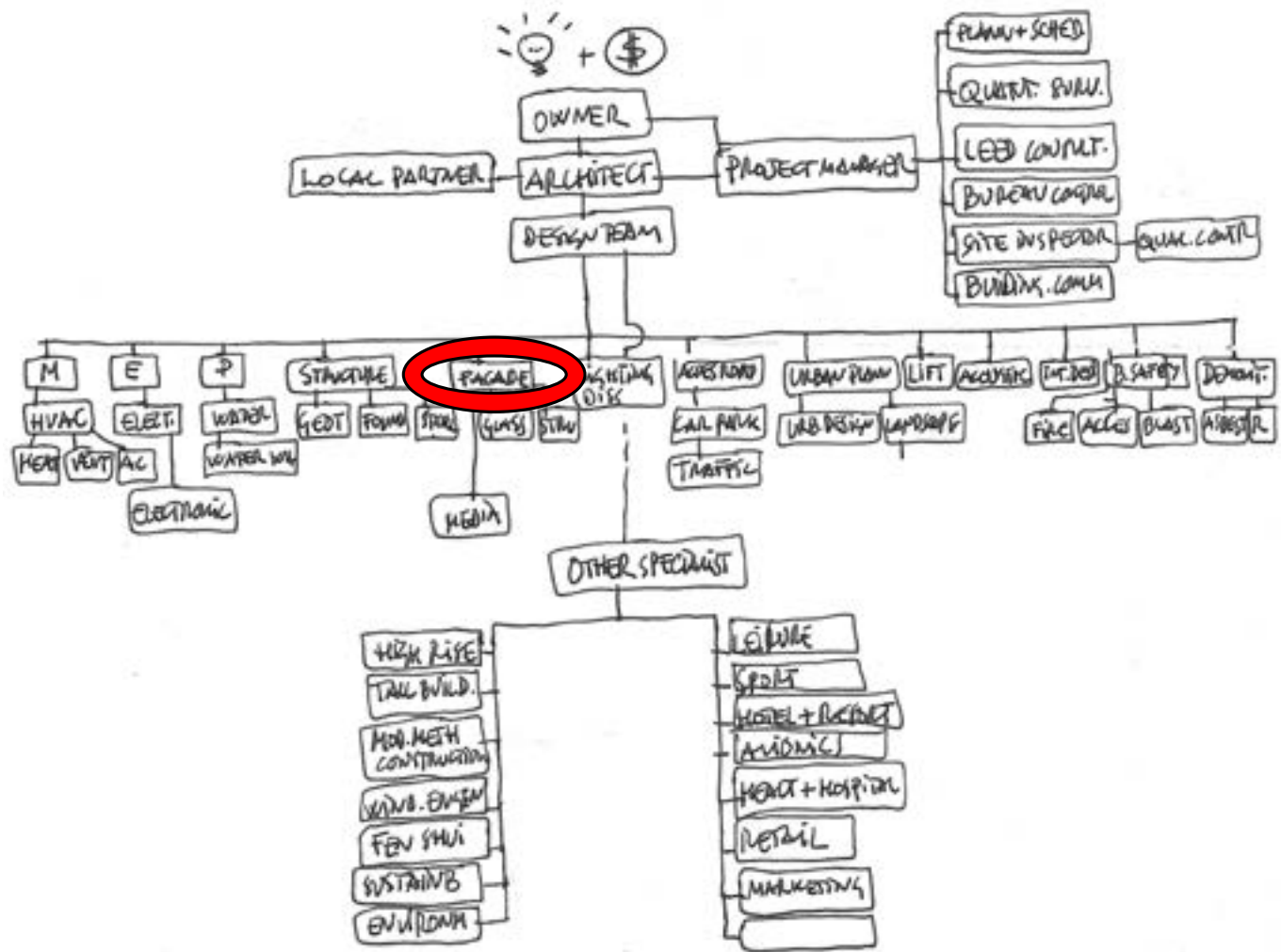
Ramón Araujo La arquitectura como técnica.

8.2. Los consultores.

La organización de equipos de trabajo que colaboran con los equipos de diseño y arquitectura no depende del tamaño o la complejidad del proyecto. La decisión de su incorporación debe tomarse valorando fundamentalmente la filosofía de trabajo, en la que las aportaciones de todos los consultores son transversales y están lideradas por el EDA.

En una organización convencional como la ilustrada en el esquema de referencia participan los consultores habituales como los de instalaciones, estructuras y fachadas, coordinados por el EDA. A los que hay que añadir en función del tipo de proyecto consultores tan diversos como los de iluminación, de paisajismo, de diseño urbano, de comunicación vertical, de seguridad y acústica entre otros. Cuando encaja en la filosofía de trabajo y la complejidad lo requiere hay que contar con las aportaciones de otros colaboradores especializados en áreas de conocimiento específico como la aviónica, salud y hospitales, hoteles, comercial, ocio y deporte por citar algunos ejemplos.

Los casos de éxito generalmente derivan de un alto grado de colaboración entre todos los componentes del árbol de consultores, especialmente los vinculados al diseño y a la tecnología de estructuras, instalaciones y fachadas. Las variables de diseño de la envolvente del edificio son cada vez más complejas, los avances materiales y tecnológicos y el estricto control de prestaciones hace que los especialistas de fachadas hayan asumido un papel central en los equipos de proyecto ya sean de arquitectos o de ingeniería.



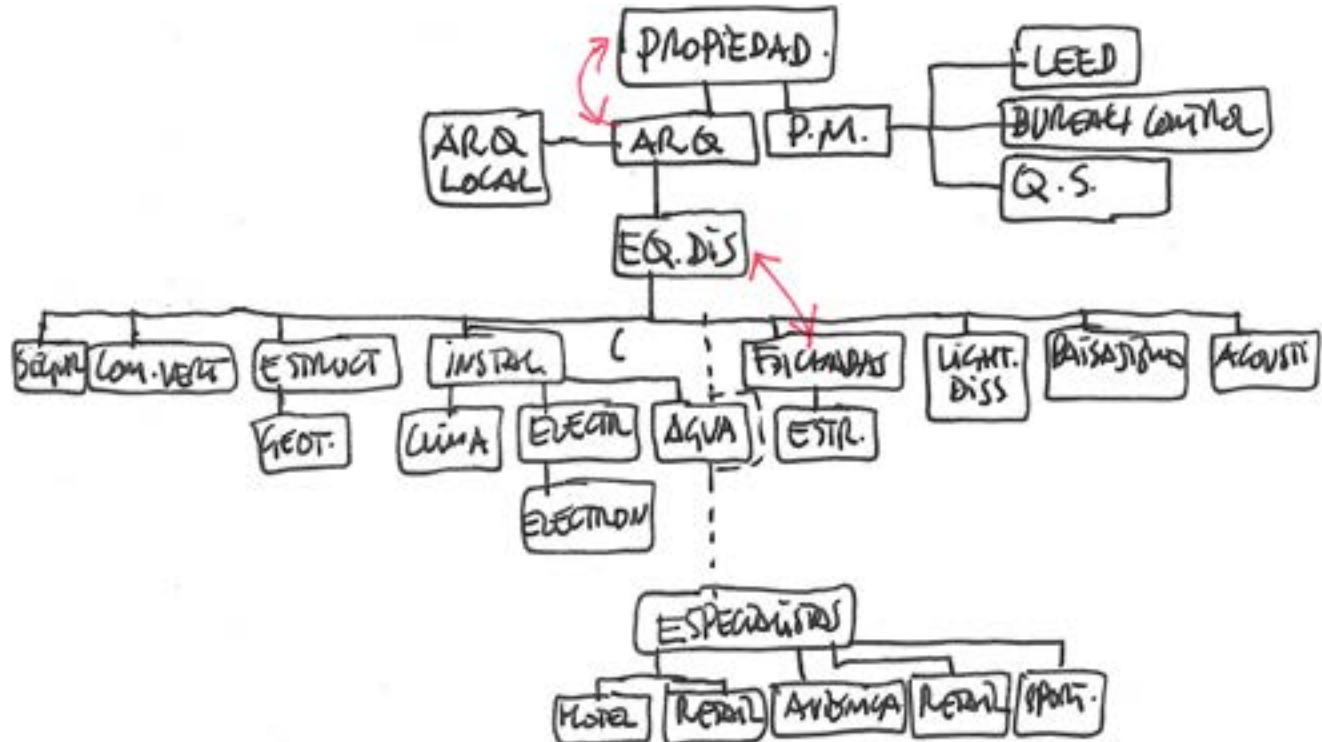
Esquema de una organización típica de consultores y especialistas.

En el proceso de diseño los consultores plantean de modo integral todas las tipologías, sistemas y materiales, personalizados para cada proyecto en particular. Por tanto, la misión del consultor es la colaboración con el equipo de diseño y el resto de consultores en todas las fases del proyecto, desde el análisis a la propuesta de soluciones asociada a las prestaciones definidas y a su rendimiento.

El trabajo especializado de los consultores de fachadas se basa en dos cuestiones relacionadas entre sí. De una parte la experiencia acumulada en el trabajo continuado en el desarrollo y concreción de los temas vinculados con la tecnología de fachadas desde el punto de vista de la forma arquitectónica y por otra, de la experiencia específica basada en la colaboración directa con la industria del sector para conocer de primera mano y ampliar las posibilidades de fabricación. Esto les coloca en una posición de privilegio para asegurar que cada una de las fachadas se concibe con la tecnología de fabricación más innovadora de acuerdo con las tendencias, la originalidad de la propuesta, sus costes y la planificación general de la obra.

La materialidad de arquitecturas singulares a las que nos referimos en este trabajo de investigación, requiere habitualmente del desarrollo de productos no convencionales.

Por ello es imprescindible la estrecha colaboración con los fabricantes y la industria de la fachada para tener una mayor comprensión de los procesos de desarrollo, su adaptabilidad a nuevas propuestas



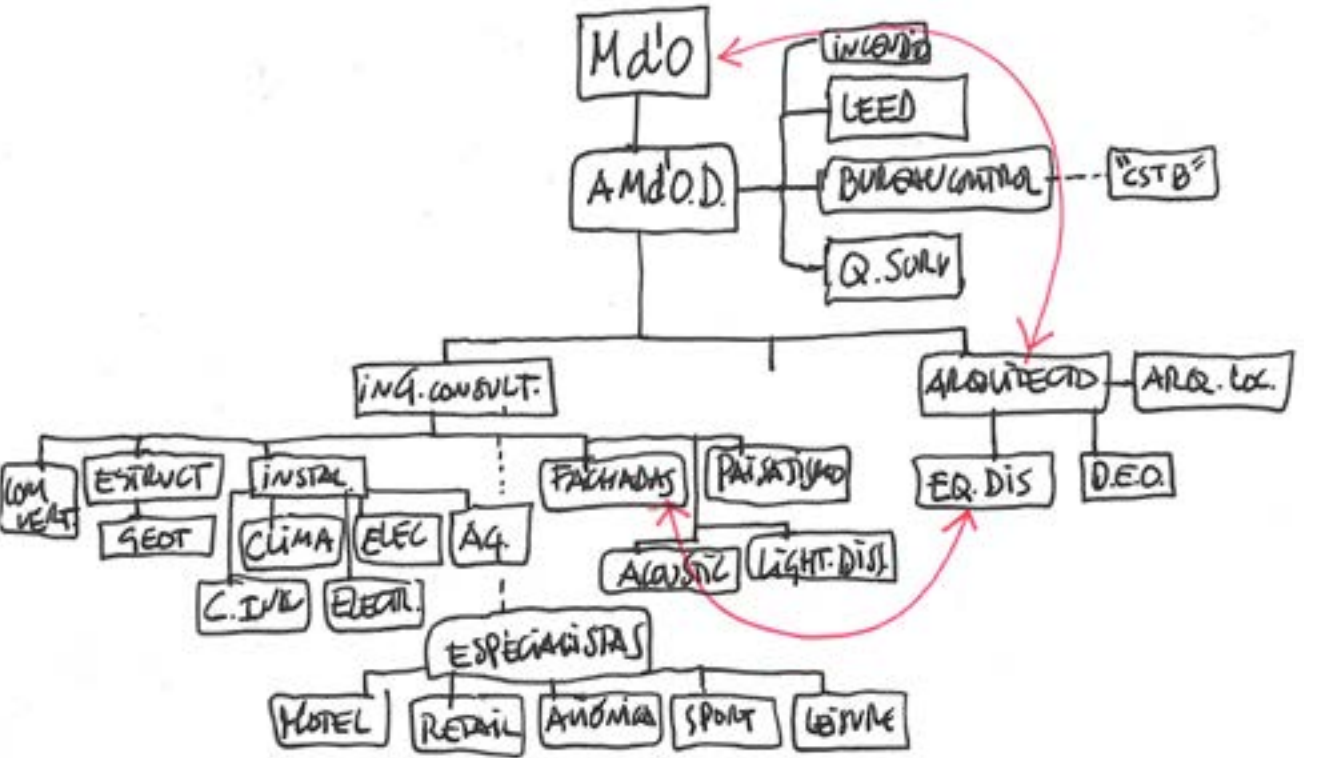
y sus costes para determinar la viabilidad de su implantación y comercialización.

Esquema típico de organización de equipos con relación directa entre el equipo de diseño y los consultores.

La consultoría de fachadas se entiende comúnmente como una faceta complementaria a la de la propia arquitectura pero en realidad, a diferencia de otras consultorías, la propia esencia de la actividad es arquitectura.

Esta actividad, por tanto, consiste en resolver, de modo práctico, la parte tecnológica de las ideas de proyecto, porque las incertidumbres en la medida de lo posible hay que dejarlas solo para los aspectos formales, la técnica hay que asegurarla.

Esquema típico de organización de equipos de consultores con relación paralela con el equipo de diseño a través del director d proyecto.



La consultoría de fachadas nace en Europa a mediados de los años 60, con aportaciones fundamentales al oficio de construir de personajes tan importantes como las de Jean Prouvé, quien además de desarrollar sus propias obras, colaboró en la definición tecnológica de numerosos proyectos de gran calidad como la Tour Nobel o el edificio del CNIT en la Défense de París. Otra figura relevante que adaptó su metodología y filosofía de trabajo a numerosos autores fue el ingeniero Peter Rice, quien participó activamente en obras tan destacadas como la Ópera de Sídney con John Utzon, el centro Pompidou con Renzo Piano o las Serres de la Villette con Mike Eekhout. La capacidad de adaptación a arquitecturas tan diversas se basa en fundamentalmente el trabajo colaborativo y la capacidad de entender e integrar las diferentes parcelas del conocimiento.

En España en 1997 nace la actividad de consultoría de fachada independiente como evolución lógica a las fórmulas convencionales anteriormente descritas, que aún hoy están vigentes. Este planteamiento de futuro se inició siguiendo modelos de trabajo típicos en otros países para adaptarlo a un mercado nacional, que a pesar de los veinte años transcurridos sigue interrogándose acerca de la utilidad y de la conveniencia de este recurso.

8.3. Las fases de proyecto. Actividades de la misión completa.

La compartimentación de las fases de proyecto tradicionales en España es imprecisa y encontramos los conceptos de “anteproyecto, básico y proyecto de ejecución”. Tienen el inconveniente de que las definiciones y concreciones de cada uno de ellos difícilmente se corresponden con el grado de desarrollo esperado, y aunque queda definido en el CTE como veremos a continuación, las definiciones son ambiguas y favorecen la aparición de términos como “proyecto básico avanzado” o “proyecto pre-ejecutivo” para tratar de definir niveles de información necesarios para el control del proyecto desde diferentes aspectos, especialmente el económico.

A diferencia de España, en países como Francia, Reino Unido y sus áreas de influencia, la compartimentación es diferente y nos encontramos con distinto nivel de información gráfica y escrita en fases de proyecto “equivalentes”.

A pesar de esta voluntad de uniformizar el nivel de desarrollo del proyecto entre países, al final, quien rige la definición y concreción necesaria en cada estadio es la propiedad a través del gestor del proyecto, y la normativa. Por este motivo la pretendida compartimentación tiene unos límites cada vez más difusos. No obstante cuanto antes intervenga el consultor, más coherentemente evolucionará el proyecto independientemente del nombre que se le atribuya la fase.

Podemos ver esta diversidad de nomenclaturas en la siguiente tabla, que recoge las distintas fases de proyecto de acuerdo con las normativas española [UNE], americana [NIBS Guideline 3-2012] y la de Francia [Marché Public, décret numéro 93/1268 de 1993].

	España	Francia	Estados Unidos
1	EP-Estudios Previos	ESQ-Esquisse	PDP-Pre-Design Phase
	Fase de proyecto	Phase projet	Design phase
2		AVP-Etudes d'avant-projet	CSD-Concept and Schematic Design
3	AP-Anteproyecto	APS-Avant Projet Sommaire	
4	PB-Proyecto básico	APD-Avant Projet Définitif	DD-Design Development
5	PEJ-Proyecto de Ejecución	PRO-Etudes de projet	CCD-Construction Contract Documentation
6		ACT-Assistance pour la passation de contrats travaux	CP-ConstructionPhase
7		EXE-Etudes de execution	
8		VSA -Vérification exe	
	Fase de obra	Phase construction	Construction phase
9	DO-Dirección de Obra	DET-Direction de l'exécution des contrats de travaux	
10		OPC-Ordonnancement la coordination et le pilotage du chantier	
	Final de obra	Phase post construction	Post construction Phase
11	Recepción provisional	AOR- Assistance apportée lors des operations de réception	Completion
12	Recepción definitiva		Commissioning

8.3.1. El Proyecto según código técnico de la edificación. CTE.

En el CTE-Código Técnico de la Edificación se define como proyecto al “Conjunto de documentos mediante el cual se definen y determina las exigencias técnicas de las obras. En el que se justifican técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable”.

Añade en el artículo 6, que “El proyecto describirá el edificio y definirá las obras de ejecución del mismo, con el detalle suficiente, para que puedan valorarse interpretarse inequívocamente durante su ejecución.”

Al margen de la ambigüedad característica de las definiciones, queda claro que para el CTE “el detalle”, ya sea gráficamente o por escrito, es la clave para interpretar cómo se ha de definir un proyecto de arquitectura para ser construido cumpliendo los requisitos técnicos.

También el CTE indica que se pueda comprobar en los documentos que componen el proyecto que las soluciones técnicas propuestas sean suficientes como para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE y las demás normativas aplicables.

Incluirá al menos como mínimo la información de tres fases claves para determinar los contenidos:

- Características técnicas que deben cumplir los productos, equipos, sistemas y las características técnicas de cada unidad de obra.
- Definición de las verificaciones y pruebas de servicio para aceptarlas.
- Instrucciones de uso y mantenimiento del edificio puesto en servicio.

Normalmente se entiende que la aplicación de las normas, y del CTE en particular, es muy restrictiva en cuanto a las soluciones técnicas utilizables según los DB-documentos básicos y que por tanto, el diseño queda muy limitado por los aspectos técnicos y constructivos. El caso es que si simplemente se entiende la norma como una limitación y no como una guía de proyecto, esto es cierto. Para evitarlo el proyecto se debería ir adecuando paulatinamente a la norma durante todo el proceso y no utilizarse simplemente como una herramienta de validación y control de las propuestas. Si la verificación del cumplimiento de requisitos se hace al final puede significar modificaciones de gran alcance para adecuarse a los contenidos de los DB.

En cualquier caso el CTE deja cierto margen de maniobra para establecer soluciones alternativas a la aplicación estricta de la norma, siempre que se justifiquen documentalmente, es decir mediante cálculos, simulaciones o mediante ensayos. En este caso es el arquitecto quien asume la responsabilidad y necesita la conformidad del promotor, lo que les hace corresponsables de la decisión adoptada.

Esta forma alternativa de validar las propuestas puede asegurar que el edificio proyectado cumple las exigencias básicas del CTE y quedaría patente que sus prestaciones y comportamiento son al menos equivalentes a las que se obtendrían por la que aplicación estricta de los DB.

Cuando tratamos las normativas y los códigos no estamos hablando de arquitectura, si no de los condicionantes técnicos que se derivan de su interpretación y por tanto de los aspectos que de una manera o de otra condicionan las decisiones y en definitiva su forma.

Sin duda, la calidad de la obra ejecutada aumenta en proporción directa con la calidad del proyecto, por ello el proyectista tiene la responsabilidad de hacer un buen proyecto, que tal como describe Ana Sánchez-Ostiz debe:

- Ser completo.
- Describir el edificio.
- Tener toda la información técnicamente bien concebida.
- Cumplir la normativa obligatoria.
- Tener soluciones constructivas idóneas.
- Ser coherente entre los diferentes documentos.
- Tener un conjunto de documentos que sean entendibles por personas diferentes a las que las han ejecutado.

Para asegurar la calidad del proyecto en cualquiera de las fases que se desarrolle hay varios caminos que dependen del equipo de diseño, del modelo de gestión, o bien de si el proyecto es de ámbito internacional o incluso de su magnitud, pero fundamentalmente depende del grado de innovación de las soluciones propuestas.

8.3.2. Estrategias para el aseguramiento de la calidad.

Para el aseguramiento de la calidad control de calidad del proyecto de arquitectura se proponen cuatro estrategias diferentes y Estrategias para el:

- Autocontrol interno.
- Consultores.
- Auditorías externas.
- Asignación de misiones parciales.

Lo deseable es el autocontrol interno del equipo de diseño llevado a cabo a lo largo de todo el proceso de proyectos porque conoce de primera mano su manera de hacer arquitectura, los contenidos y las intenciones del proyecto y por tanto tiene criterio para integrar con coherencia todos los documentos que lo componen. Aunque esta fórmula no siempre es la óptima, por dos motivos fundamentales, el primero la capacidad de verificar y controlar la documentación de todos los capítulos con el nivel adecuado y en segundo lugar la supuesta falta de independencia necesaria para chequear con rigor un trabajo propio.

La incorporación a los EDA de los equipos de consultores puede solventar la primera de las cuestiones pero no la segunda, ya que en la mayoría de las ocasiones el promotor impone una auditoría externa para asegurar la contratación de los seguros de garantía decenal con un importe razonable. En cualquier caso, desde la experiencia de las consultorías ya se plantean desde el origen las cuestiones que van a ser indiscutibles por parte de las auditoras externas.

También se preparan las respuestas anticipadamente o bien se traza el camino alternativo para conseguir la validación del proyecto en el menor plazo de tiempo posible y evitar los denominados “Avis Suspendu” que bloqueen la toma de decisiones y el avance del proyecto. En relación con el punto anterior, desde hace unas décadas y especialmente desde la entrada en vigor de la ley orgánica de la edificación LOE, se obliga al promotor a suscribir una póliza de seguros por daños materiales o por los defectos que puedan aparecer. Esto ha motivado que las compañías de seguros obliguen a un control del proyecto por una entidad independiente, que podrá en algunos casos corregir el proyecto cuando ya estaba acabado, incurriendo el proyectista en unos costos y desviaciones en la planificación no previstos.

Por tanto sea por recomendación o por obligación, el control externo lo llevan a cabo las oficinas de control denominadas “entidades de colaboración con la administración” ECA de ámbito nacional o bien las internacionales como Bureau Veritas, Socotec o Qualiconsult entre otras. La revisión del proyecto y su validación desde el punto de vista de la normativa, condiciona la contratación de los seguros decenales, a la espera de los informes favorables del proyecto. En ellos se certifica el cumplimiento estricto de las normativas de estabilidad estructural, estanqueidad al agua en todos los lotes de la obra, seguridad de incendio de la instalación, durabilidad de las juntas y un largo etcétera de cuestiones relacionadas con la calidad final de la obra.

La validación se hace en todas las fases del proyecto y condiciona la aprobación final a la demostración del cumplimiento de todos y cada uno de los requisitos. En la práctica esto significa que desde el origen, en las primeras etapas de proyecto se han de asumir compromisos vinculantes con los sistemas a aplicar, con un grado de precisión que sin duda coarta aspectos fundamentales de la arquitectura, totalmente inadecuados al estado de avance del diseño. El problema que se plantea adicionalmente es que los auditores de proyecto cumpliendo su cometido, normalmente ignoran la arquitectura que han de validar y su función de control durante todo el proceso es muy estricta y sin ninguna concesión a la interpretación.

La cuarta de las estrategias es la asignación de misiones parciales. Recientemente el aseguramiento de la calidad del proyecto toma un nuevo rumbo, que consiste en externalizar el equipo de dirección de obra, de manera que los redactores del proyecto se desvinculan completamente de la fase de construcción y pierden el control directo de la arquitectura proyectada. De esta forma el proyecto una vez validado pasa a manos de un nuevo equipo que llevará a cabo su ejecución material. La ventaja de esta propuesta consiste en el mayor y más completo desarrollo documental para que el EDA pueda proteger “su arquitectura” antes de pasar a otras manos que van a dirigir la construcción de la obra y su control técnico, formal y económico.

Con este procedimiento se pretende llegar en la fase del proyecto a un nivel de desarrollo y concreción tal que se asegure la calidad final de la obra sin la intervención directa del equipo redactor. En cualquier caso la responsabilidad sigue siendo compartida entre todas las partes.

En proyectos de ámbito internacional en el momento en el que se plantea una duda acerca de la viabilidad técnica o de los criterios aplicados en alguna justificación o nota de cálculo por ejemplo, los “BC- Bureaux de Control”, derivan inmediatamente la opinión a un tercer nivel, por ejemplo, al “CSTB-Centre technologique et technique du bâtiment”. Institución francesa que obligará a la realización de ensayos para validar la propuesta técnica. Este tipo de controles sin duda ralentiza las decisiones y en todo caso permite el avance del proyecto condicionado a los ensayos que en muchas ocasiones se dilatan en el tiempo durante meses, con unos costes que a fin de cuentas asume la propiedad.

Ejemplificamos lo complejo de este tipo de gestiones para la validación de la propuesta del EDA con el caso concreto de un edificio de 250 metros de altura actualmente en fase de contratación previa a su construcción. Es un tema relacionado con la interpretación de una norma francesa de protección del fuego, que tiene como base la “Réglementation” de los denominados “IGH-Immuable de Grande Hauteur”. Es de aplicación en edificios de más de 50 metros de altura y de menos de 200.

La primera discrepancia que se plantea es acerca de cómo medir la altura efectiva del edificio, en relación a la normativa vigente, para no entrar en el ámbito de la norma de los denominados “ITGH-Immuable de Très Grande Hauteur”, que es mucho más restrictiva en todos los aspectos, especialmente compleja en las cuestiones relacionadas con el fuego.

La segunda discrepancia tiene que ver con la interpretación de una de las excepciones aplicables en la sectorización de incendio. La NF permite que la fachada, en este caso un muro cortina acristalado con perfilerías de aluminio, pueda ser un plano continuo por delante de los forjados para evitar la típica imagen en la que se ve siempre el peto ignífugo, como un corte entre los vidrios de visión y las partes opacas.

La configuración de “el nudo” de la fachada que se propone tiene los cortafuegos verticales separados como máximo 2.00mm de la cara interior del vidrio del muro cortina. La solución solo se admite con dos condiciones, la primera es garantizar la estanqueidad entre plantas en la discontinuidad entre cerramiento y forjado interior mediante elementos que eviten el paso de las llamas, el humo y los gases calientes. La segunda de las condiciones es que el edificio tenga una red de rociadores de tal forma que haya un elemento en correspondencia con cada módulo de fachada.

Para tratar de acordar la solución definitiva hay que contar con la opinión de hasta nueve agentes diferentes implicados en el tema: el arquitecto autor del proyecto, el arquitecto partner local, el consultor de fachadas, el consultor de la norma y de los reglamentos locales de incendios del país y de la ciudad en cuestión, las autoridades locales en términos de licencia, el bureau de control, que su vez reclama la opinión del especialista en fuego y fachadas ligeras de su organización, que finalmente no se declara capaz y pide al CSTB que su grupo especializado, redacte un “Avis Technique Conception” en el que se pide la definición de la altura del edificio a la vez que se consulta si los planteamientos generales del edificio en relación al fuego y la configuración de la sectorización de las plantas se corresponden con la interpretación de la norma que hacen algunos de los agentes antes descritos.

En definitiva, la cuestión se resuelve de modo provisional a falta del “ATEX -Appréciation Technique d’Expérimentation” que desde el año 2012, es un método abreviado, previo al “AT-Avis Technique” que está destinado a agilizar la aprobación y de este modo facilitar la experimentación y la innovación, pudiendo utilizar referencias de obras similares para ajustar la cobertura de riesgos por parte de las compañías de seguros en condiciones adecuadas y alentar a los propietarios de edificios para estimular la experimentación.

Esquema de la norma Réglementation ERP et IGH comentada por SI-securite incendie-IDF.

En todo caso, este asunto de la validación de la solución técnica aplicada para la sectorización de incendio de las plantas a través de los cerramientos de fachada, se resolverá con un ensayo a escala real del tramo del edificio determinado por un comité de expertos. Esto supone, no solo un sobrecoste importantísimo, sino que tiene como consecuencia la ralentización del proyecto y la toma de decisiones en precario vinculadas al éxito del ensayo. En definitiva es evidente la incertidumbre creada de la viabilidad del proyecto hasta la aprobación final.

8.3.3. Competencias de la consultoría de fachadas.

El consultor de fachadas colabora apoyando al equipo de diseño de arquitectura, EDA, para la completa definición de los cerramientos ligeros del edificio y generar la documentación técnica necesaria, completa y suficiente para que el desarrollo del proyecto de ejecución de la obra y su construcción.

En general se trata del asesoramiento en el proceso de estudio, definición de las posibles soluciones constructivas, desarrollo técnico del proyecto de las envolventes ligeras de la obra, considerando su singularidad y atendiendo a los criterios de calidad del arquitecto autor del proyecto.

Cuando empiezan los trabajos del consultor los estudios suelen estar en una fase inicial y muchas veces la colaboración empieza en la fase de concurso, es decir son los estudios previos al desarrollo del Anteproyecto, Proyecto Básico y de Ejecución.

De este modo se consideran las envolventes ligeras en cualquiera de sus tipologías, desde muros cortina contruidos con fachada stick o modular, fachadas ventiladas, cubiertas acristaladas, fachadas de doble piel, contruidas con combinaciones de cualquier material desde los más típicos como el vidrio o el aluminio, a los más sofisticados composites.

Los trabajos definidos en este escrito y relacionados en los cuadros de referencia de actividades son genéricos y se deberían adecuar a los requisitos concretos de cada proyecto una vez conocido con mayor detalle.

En primer lugar se han de establecer listados de tipologías y partidas a desarrollar adecuados a la singularidad y al concepto general de la obra. Ya sea envolventes verticales o cubiertas, cerramientos estándar o especiales, considerando los modelos estructurales del edificio, así como los objetivos finales de la obra. Con ello se podrá concretar el alcance del total de los trabajos a desarrollar y ver las implicaciones con el resto de partidas de la obra.

Los sistemas a estudiar serán los que mejor se adapten a los requisitos del proyecto, al volumen de la obra, al mercado y en general a los criterios económicos y funcionales que sean objetivo final de la obra. Se considerarán y desarrollarán adecuado a cada una de las fases:

- Los objetivos generales de la obra en cuanto a calidad, durabilidad, singularidad.
- El concepto general del edificio.
- El concepto de las envolventes adaptado al lugar.
- La definición de las prestaciones.
- Los sistemas constructivos.
- Los materiales y los productos.
- Los costes y el volumen económico de la obra.
- El modelo de gestión y planificación general.
- Los industriales y fachadistas posibles adjudicatarios de la obra.

8.3.4. Fases de proyecto y obra.

Para resolver el capítulo de cerramientos de fachada modo de guion orientativo, con los niveles de concreción adecuados al grado de desarrollo del proyecto, el consultor propone las siguientes actividades agrupadas en las siguientes nueve fases:

Fase de proyecto.

FASE I. Estudio Previos. "Preliminary design"

FASE II. Anteproyecto. "Concept Design and Schematic Design"

FASE III. Proyecto Básico. "Design Development"

FASE IV: Proyecto de Ejecución. "Construction Documents"

Fase de contratación.

FASE V. Asesoramiento en el proceso de licitación y adjudicación del industrial fachadista.

Fase de obra.

FASE VI. Prototipos

FASE VII. Asesoramiento técnico durante el proyecto de construcción y de la fabricación.

FASE VIII: Asesoramiento y control de la ejecución material y puesta en obra.

Fase de recepción y final de obra.

FASE IX: Asesoramiento después de la puesta en obra. "As Built"

8.3.4.1. Fase de proyecto.

Normalmente las propuestas se estructuran de tal forma que el grupo de trabajo sea liderado por el arquitecto autor o su equipo de diseño **EDA**. Suele estar formado por equipos locales o socios colaboradores, que pueden aportar la máxima calificación profesional y experiencia acreditada, tanto en sus trabajos individuales como en proyectos en los que ya ha habido colaboraciones anteriores en obras de gran volumen. Todo ello nos hace entender que la compatibilidad de la filosofía de trabajo y la metodología ha de aportar la máxima calidad al resultado final.

Las soluciones constructivas se acordarán y valorarán de acuerdo con **EDA** y los diferentes consultores y técnicos de estructuras, incendios, instalaciones, impermeabilización, climatización, medioambiente, ingeniería de costes, calidad del proyecto seguridad y salud etc. y las respectivas normativas aplicables.

El proyecto suele desglosarse en una primera aproximación según los m² de techo, los volúmenes, edificios repetidos, número de plantas y alturas, usos destinados a cada uno de ellos, y se relacionan también los tipos de fachadas y cerramientos especiales.

Metodológicamente las fases son sucesivas y su continuidad está supeditada a la aprobación de la fase anterior.

FASE I. Estudio Previos. “Preliminary design”.

En esta fase se plantean los objetivos del proyecto referenciados con los bancos de imágenes para determinar la singularidad y la volumetría general del proyecto. Se realiza una primera estimación de costes vinculada a una somera descripción del edificio y de sus envolventes.

Sirve para armar el equipo de trabajo y una planificación general acorde a los intereses del promotor.

FASE II. Anteproyecto. Concept Design and Schematic Design.

Estudio previos, revisión del estado del proyecto y diseño conceptual.

En base al proyecto del **EDA** y para la definición de los conceptos generales de las envolventes, coordinados con el concepto general del edificio, se estudiarán los sistemas de cerramiento propuestos, en cuanto a su viabilidad técnica. Buscando la coherencia entre prestaciones y costes y la racionalidad de los sistemas constructivos que se hayan planteado en esta primera fase de proyecto.

Se desarrollarán:

- Croquis de concepto.
- Análisis geométrico de las envolventes.
- Croquis de sistemas de cerramiento.
- Fichas de posibles materiales y productos.
- Croquis de detalles constructivos básicos.
- Cuadro de medición estimada.

Una vez acordados los sistemas y aprobada la FASE I, se continuará con:

• Definición de los criterios formales y concepción de las fachadas.

Adecuados a la volumetría y alineaciones definidas, considerando individualmente y en su conjunto las fachadas del edificio.

• Definición de los conceptos generales de las fachadas.

Atendiendo a la volumetría, alineaciones y criterios formales determinados en concurso o en la fase anterior, se definirán los sistemas de cerramientos de fachada de cada una de las caras del edificio.

• Definición de las prestaciones globales de la fachada.

Considerando la orientación, emplazamiento, entorno, altura, criterios y normativas de seguridad, superficie total de los cerramientos y de cada una de las tipologías del edificio. Adecuándolas a los requisitos que se definan y en general a los criterios de consumo y ahorro energético que sean objetivo final de la obra.

• Propuesta inicial de soluciones.

Para cada una de las tipologías, de acuerdo con las prestaciones establecidas, se desarrollan croquis básicos de cada cerramiento, definiendo los sistemas, materiales y los encuentros específicos con la obra y sistemas entre sí. Y los cálculos precisos para el correcto pre-dimensionado de los elementos de fachada.

• Definición de los sistemas de fachada:

Concretadas las prestaciones de cada fachada, se definirán los sistemas que mejor se adapten a dichos requisitos, atendiendo al volumen de la obra y al mercado, y en general a los criterios económicos y funcionales que sean objetivo final de la obra.

• Desarrollo de la documentación escrita, al nivel correspondiente para esta fase.

- Memoria descriptiva.
- Descripción de las partidas.
- Cuadro de medición.
- Cuadro de valoración estimada para encaje en el “budget price” general de la obra.
- Tras la aprobación de la Fase II:

FASE III. Proyecto Básico. “Design Development”.

• Definición de conceptos generales, prestaciones y sistemas de las fachadas y cubiertas:

Adecuados a los criterios formales determinados por el **EDA**, en la fase anterior, se definirán los sistemas de cerramiento básicos en cuanto a su estructura, acristalamientos, chapados o panelados y demás elementos. Todo ello integrado con los sistemas generales de estructura e instalaciones del edificio, buscando la coherencia entre prestaciones y costes y la racionalidad de los sistemas constructivos.

• **Definición de las prestaciones técnicas y formales de las envolventes considerando:**

- La orientación del edificio, emplazamiento, entorno, vistas, altura, superficie total de los cerramientos para cada una de las tipologías.
- Modulación, pre-dimensionado de materiales.
- Colores, texturas, zonas de visión y opacas.
- Textura, reflexión y transparencia de los componentes.
- Prestaciones básicas, acciones y deformaciones, estanqueidad al viento y al agua, aislamiento térmico y acústico, determinación de la “weather line”.
- Sistemas de fabricación pre-montaje y puesta en obra.
- Durabilidad y mantenimiento.
- Equipamientos auxiliares para mantenimiento, reparación y limpieza.

• **Propuesta de soluciones básicas:**

De acuerdo con las prestaciones establecidas, se desarrollan croquis básicos de cada cerramiento, concretando los sistemas, materiales y los encuentros específicos con la obra y sistemas entre sí, así como los tanteo y primeras aproximaciones de cálculo precisos para la correcta aplicación de los elementos que componen el cerramiento.

• **Desarrollo de los alzados de fachada:**

A partir de los alzados, plantas, secciones y modelos 3D desarrollados, por el equipo de proyecto del **EDA** se identifican las diferentes partidas, se acotarán y se acoplarán a los alzados de las fachadas, imprescindibles para el control de la geometría y de la volumetría del proyecto, que servirá de base para la medición y valoración posteriores.

• **Definición de los sistemas básicos de construcción de la envolvente:**

Concretadas las prestaciones y validadas las propuestas de solución se definirán los sistemas que mejor se adapten a dichos requisitos, atendiendo al volumen de la obra y al mercado y en general a los criterios económicos y funcionales que sean objetivo final de la obra.

• **Desarrollo de detalles constructivos básicos de los sistemas:**

Se desarrollarán los detalles constructivos básicos que definan inequívocamente las soluciones adoptadas para cada una de las tipologías de cerramiento, en las partes tipo, cualquiera que sea el tipo. A escala apropiada 1:5 o 1:2, con las soluciones específicas de las gamas de perfiles, carpinterías, acristalamientos, paneles y chapados metálicos y otros elementos estructurales de soporte y anclaje.

• **Desarrollo de la documentación escrita, al nivel correspondiente para esta fase.**

- Memoria descriptiva general.
- Descripción de las partidas.
- Cuadro de medición.
- Pliego de condiciones.
- Cuadro de valoración estimada. Normalmente ni desglosada ni con justificación de precios.

Una vez finalizada la FASE III, aprobada y tomadas las decisiones pertinentes se debería continuar con el proyecto de ejecución.

FASE IV: Proyecto de Ejecución. “Construction Documents”.

• **Desarrollo de los alzados para ejecución de la fachada:**

A partir de los alzados, plantas, secciones, modelos 3D desarrollados, por el equipo de proyecto de **EDA** adecuados a esta fase de ejecución, se identifican las diferentes partidas, se acotarán y se acoplarán a los alzados de las fachadas, imprescindibles para el control de la geometría y de la volumetría del proyecto, que servirá de base para la medición y valoración posteriores.

• **Desarrollo de detalles constructivos de los sistemas:**

A escala apropiada 1:5 o 1:2, con las soluciones específicas de las gamas de perfiles, acristalamientos, paneles y chapados metálicos y otros elementos estructurales de soporte y anclaje, de cada una de las tipologías de cerramiento, en las partes tipo y en los encuentros singulares.

Se desarrollarán los detalles constructivos tipo y los específicos de encuentro con las demás partidas que definan inequívocamente las soluciones adoptadas. En paralelo se desarrollarán los cálculos para el pre-dimensionado y verificación de las secciones, espesores, dimensiones de los diferentes componentes, anclajes, soportes, perfiles, vidrios etc.

Estos detalles y cálculos no deberán ser usados como “proyecto de construcción” de la envolvente, asunto que competirá al fachadista una vez adjudicada la obra.

• **Desarrollo de la documentación escrita, al nivel correspondiente para esta fase:**

Memorias descriptivas, pliegos de condiciones, cuadros de mediciones y cuadros de valoración estimada que, junto con la información gráfica de los alzados y despieces os de carpintería y los detalles constructivos y sus leyendas, proporcionan la completa definición gráfica y técnica de las diferentes partidas de fachada.

• **Desarrollo de la documentación escrita, al nivel correspondiente para esta fase.**

- Memoria descriptiva.
- Descripción de las partidas.
- Cuadro de medición.
- Pliego de condiciones.
- Cuadro de valoración estimada. Desglosada y con justificación de precios.

En los cuadros adjuntos se agrupan las actividades y los servicios descritos en las fases de proyecto básico y de ejecución.

En función del alcance de la colaboración acordada se incluye el desarrollo de cálculos según el software adecuado como LIDER, CALENER y otros estudios específicos relacionados. Por ejemplo comportamiento climático, evaluación de las ganancias por radiación, evaluación de riesgos de condensación, estudios complementarios del funcionamiento de la fachada, estudio de deslumbramiento con iluminación natural y artificial, estudios de sombras etc. más allá de los tanteos para validación de las soluciones.

En general el consultor de fachadas desarrolla y valida los cálculos para el correcto pre-dimensionado de todos los elementos resistentes que componen la fachada, es decir espesores de acristalamientos, anclajes, retícula de acero o de aluminio, chapados, rastrelados de soporte de las fachadas ventiladas, soporte de aleros, aleros etc. En algunos casos deberán, a su vez, ser validados por el consultor de estructuras cuando haya relación directa con las estructuras generales del edificio y en su caso por el industrial fachadista, con la solución definitiva que se proponga construir una vez adjudicada la obra.

En cuanto al cálculo de subestructuras complejas, se han de delimitar muy bien quien las desarrolla, si es el consultor de estructuras o bien el consultor de fachadas. El criterio general es que si son específicas para los cerramientos de fachada, marquesinas, lucernarios o cubierta, el consultor de fachadas hace los tanteos de cada uno de los elementos adecuados al nivel de desarrollo del proyecto, hasta la completa definición de y validación de soluciones.

En el caso proyectos con estructuras específicas para el cerramiento, como son los sistemas de cables y varillas en fachadas tensadas, sistemas de contrafuertes y jácenas vítreas, con funcionamiento estructural del vidrio como parte fundamental del sistema, evidentemente el desarrollo debe hacerlo el consultor de fachadas en coordinación con las estructuras generales del edificio donde se soporta y apoya.

8.3.4.2. Fase de contratación.

Apoyo y asesoramiento técnico durante el proceso de licitación, fabricación y construcción de los prototipos de cerramientos ligeros del edificio.

Atendiendo a las soluciones constructivas ya definidas en el proyecto y que en el proceso de construcción se vayan modificando y concretando, el consultor, colaborará apoyando técnicamente al equipo de diseño de los arquitectos, para la validación de las propuestas y alternativas a los sistemas de fachadas del edificio que se han de construir.

FASE V. Asesoramiento en el proceso de licitación y adjudicación del industrial fachadista.

- Se revisarán:
 - Las propuestas técnicas de los industriales ofertantes, para comprobar la adecuación a los criterios y diseños definidos en el proyecto de ejecución.
 - Las propuestas alternativas de los diferentes industriales candidatos.
 - Las ofertas económicas que estén previamente aprobadas técnicamente, por parte de la D.F.
 - La planificación general de las actividades en taller y en obra.
 - Emisión de informe.

8.3.4.3. Fase de obra.

FASE VI. Prototipos

Por la relevancia en la metodología propuesta en este trabajo de investigación, se desarrollan ampliamente en el capítulo correspondiente todas las actividades relativas a la construcción y validación de prototipos. En este capítulo se resumen los aspectos fundamentales en coherencia con el resto de las fases.

Asesoramiento previo al inicio de la fabricación y revisión de documentación técnica del proyecto de construcción.

- **Se revisará la documentación gráfica:**
 - Los planos del proyecto de construcción de los prototipos válidos y el contrato del industrial fachadista para verificar la concordancia de intereses.
 - Muestras y prototipos de referencia de las fachadas. Se revisarán tal como se acuerde con el industrial, para la completa definición de todos los detalles y configuración definitiva, así como para validar las propuestas que el industrial estime oportunas, para que según su práctica profesional, puedan mejorar las prestaciones de la fachada o bien se adecuen a su sistema de producción.
 - Los prototipos serán módulos completos de la fachada tipo. En taller o en obra. (Anclajes, soportes, perfiles especiales, acristalamientos, aislantes, chapados, módulos pre-montados, lamas de la piel exterior, etc.) para decidir las cuestiones relacionadas con la propuesta definitiva del industrial, los sistemas estructurales, proceso de fabricación, pre-montajes de taller y métodos de puesta en obra.

• Se revisará la documentación técnica del industrial:

- Formada por los cálculos, planos de su proyecto con las soluciones constructivas y las especificaciones de los productos, materiales etc. previo a la construcción y que en cualquier caso deben adecuarse a los criterios técnicos y de diseño de la D.F se verificará la concordancia con el proyecto de ejecución.
 - **Se revisará la documentación relativa a:**
 - Las pruebas y ensayos de estanqueidad.
 - Pruebas de carga.
 - Ensayos de viento, sismo, etc. que se harán en fábricas o laboratorios con prototipos completos representativos del conjunto.

FASE VII. Asesoramiento técnico durante el proyecto de construcción y de la fabricación.

Para el control del desarrollo, en cualquier caso, las decisiones deben adecuarse a los criterios técnicos y de diseño de la D.F, y por tanto se verificará la concordancia entre este y el proyecto de ejecución.

Iniciados los trabajos en fábrica, se controlarán:

- Los planos de proyecto y de taller que deberá aportar el industrial constructor de las fachadas antes de iniciar la construcción y puesta en obra de cualquiera de los elementos que las componen, verificando especialmente las partidas que puedan comprometer aspectos normativos, de seguridad y durabilidad del edificio.
- Los planos de detalle constructivo de todos los encuentros y los planos de replanteo adecuados a la realidad de la obra.
- Los planos de taller y despieces.
- Los planes de calidad interna de cada uno de los proveedores.
- Previo a la construcción se comprobará la documentación técnica que aportará el industrial, formado por los cálculos, especificaciones técnicas, garantías de producto y de la fachada completa, etc.
- Se revisarán los métodos de fabricación y montaje adecuados a la planificación general de la obra.

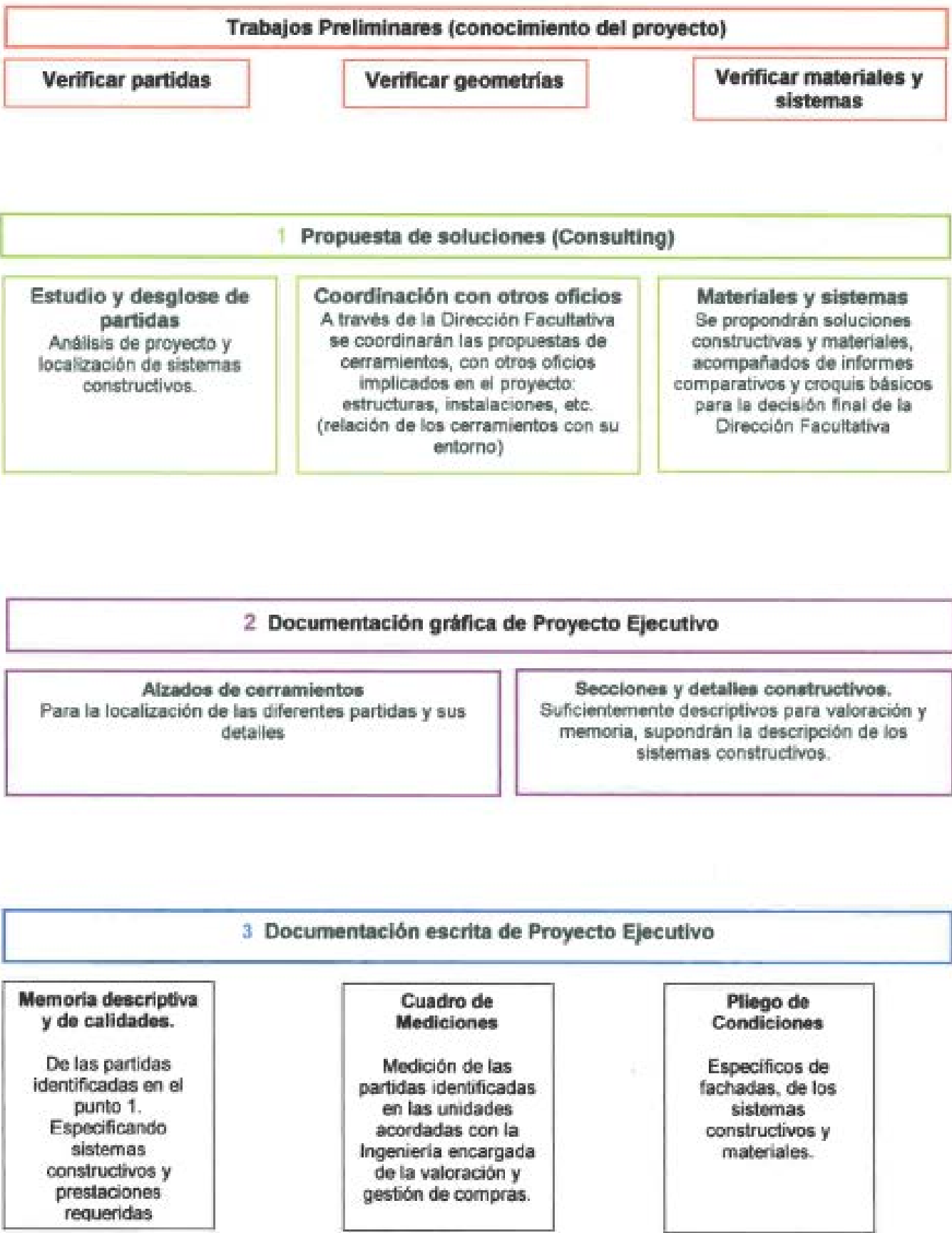
FASE VIII: Asesoramiento durante la construcción y puesta en obra.

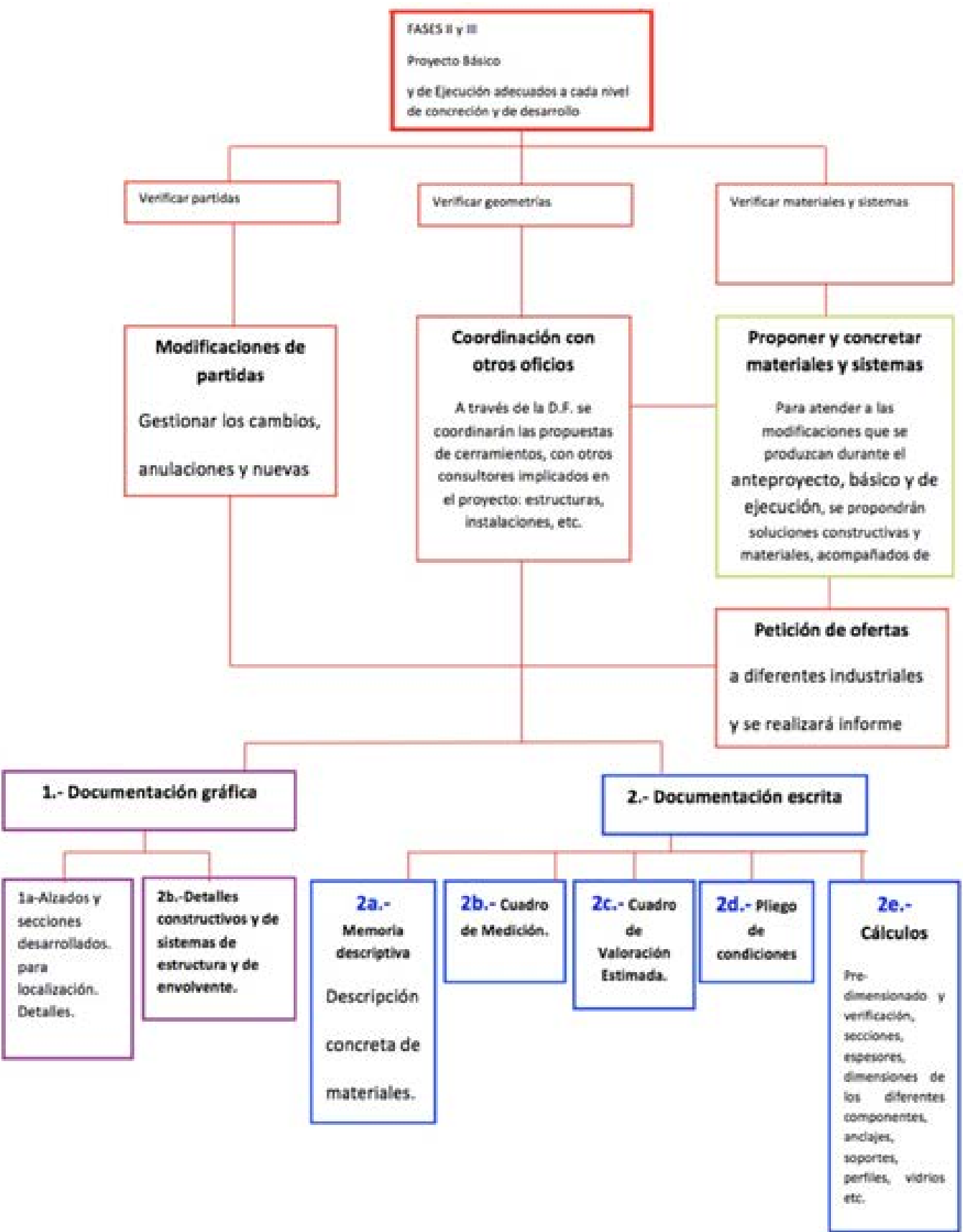
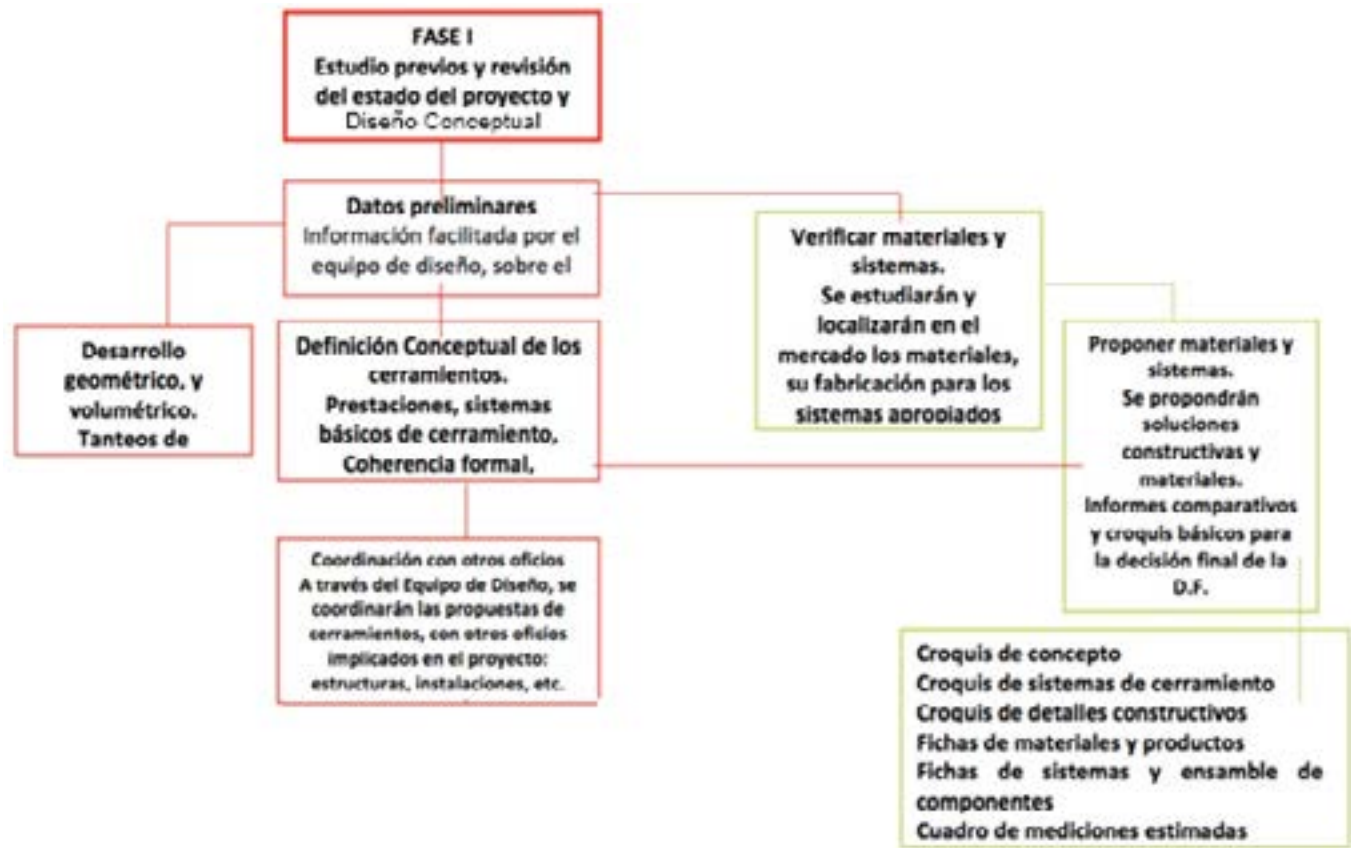
Desarrollo del programa de puntos de inspección PPI.

Debido a la variedad de tareas en las que se implican varias empresas y equipos, con el objetivo de dejar registro de las actividades realizadas y de su conformidad se preparan los denominados PPIs. Tablas en las que se enumeran los puntos clave y mediante las cuales podemos controlar las actividades que se han llevado a cabo correctamente; y eventualmente mostrar las deficiencias y las mejoras aplicadas para su correcta ejecución.

En esta fase de control de la puesta en obra, se revisarán:

- Antes de iniciar la puesta en obra, se verificarán especialmente las partidas que puedan comprometer aspectos normativos, de seguridad, de durabilidad y de calidad del edificio.
- Las diferentes actividades y su grado de adecuación a las normativas, memorias, pliegos de condiciones, al proyecto ejecutivo y a las indicaciones de la DF y D.E.O., así como a los prototipos y planos aprobados.
- La aplicación de la normativa de obligado cumplimiento y en especial las descritas en el pliego de condiciones.
- Los hitos básicos en función de cada una de las obras. Por ejemplo:
 - Anclajes y sistemas de fijación a obra, rastreles y premarcos.
 - Bastidores metálicos y paneles.
 - Retícula de los cerramientos de la piel interior.
 - Módulos y pre-montajes.
 - Acristalamientos.
 - Carpinterías, herrajes y acristalamientos de los cerramientos.
 - Sistema de lamas y falsos techos del exterior, anclajes retícula y soportes.
 - Encuentros tipo y singulares con los otros sistemas de la obra.
 - Remates a pavimentos y cubierta.
 - Barandillas.
 - Fachadas ventiladas y celosías.
 - Fachadas multifuncionales o de doble piel.





Durante la obra se aplicará el PPI y en especial se observará el cumplimiento de las cuestiones referidas a la forma de colocación y criterios de aceptación o rechazo de los diferentes sistemas cuyo seguimiento se llevará a cabo con la colaboración del director de obra.

Asimismo en el seguimiento habitual se resolverán las cuestiones derivadas de la coordinación con los otros oficios y los propios detalles específicos de cada punto que se deban modificar y adecuar a la realidad física de la obra.

Se coordinarán con el industrial, el contratista general y los laboratorios, los ensayos in situ como las pruebas de carga, pruebas de estanqueidad en servicio, ensayos acústicos, termografías etc.

8.3.4.5. Fase de recepción y final de obra.

FASE IX: Asesoramiento después de la puesta en obra. “As Built”

Para asegurar la calidad y tener registro de todas las actividades, decisiones y materiales utilizados en la obra, hay que recopilar las garantías y toda la información gráfica y escrita. Incluiremos los datos para la trazabilidad desde el origen hasta su posición final en la obra de todos los componentes, indicando siempre los proveedores, de tal forma que en una posible reparación o eventual problema de calidad se pueda recuperar todo el proceso seguido hasta la terminación.

Se coordinará la entrega del documento redactado por parte del industrial fachadista con el manual de uso de la instalación y las limitaciones para asegurar las garantías y la durabilidad. Con el mismo fin se redactarán en el mismo manual las indicaciones del programa de actividades para el mantenimiento, limpieza y reparabilidad de la fachada y de todos sus componentes, indicando la periodicidad.

Fases, servicios y tareas disponibles	Tareas incluidas en la presente propuesta	Observaciones
Diseño y coordinación		
• Participación en las reuniones de coordinación y diseño	<input checked="" type="checkbox"/>	- Equipo BDA + consultores
• Verificación de la tipología de fachada, propuesta inicial	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Propuesta y verificación de diferentes alternativas de fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Planificación general del concepto y de los sistemas de envolventes	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Análisis y determinación de prestaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	- Técnicas, formatos y costos
Valoración económica		
• Estimación preliminar de costes de la fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Estimación preliminar de costes de las diversas alternativas de fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
Códigos y normas de diseño		
• Establecer y definir todas las normativas y códigos de aplicación en el diseño de la fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	- CTE - EUROCODIGO - NF
• Iniciar trámites con la autoridad local para la obtención de los permisos	<input checked="" type="checkbox"/>	- Licencia - Bomberos - Comisiones de arquitectura
Estado actual y estudios preliminares		
• Análisis y determinación del estado inicial	<input checked="" type="checkbox"/>	Para rehabilitación
• Análisis y determinación del plan de obras	<input checked="" type="checkbox"/>	Para rehabilitación
• Redactar dictamen de estado y opciones de proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	- Restauración - Mejora prestaciones - Overcladding - Refurbishing
Documentos de Anteproyecto		
• Memoria de la fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Planos esquemáticos de las propuestas de fachadas consideradas	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Pre-dimensionado de los componentes de los sistemas de cerramiento	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Imágenes de referencia de soluciones, sistemas, materiales y productos	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Verificación modelos 3D, renders e infografías	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Desarrollo modelos 3D y renders e infografías		
• Valoración técnica de las alternativas de fachada consideradas	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Pliegos de Condiciones elaborados	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Valoraciones económicas según "budgetprice"	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Descripción de partidas, medición y valoración estimada	<input checked="" type="checkbox"/>	
• Entrega de la documentación mediante soporte informático encriptado y un ejemplar físico tamaño DIN-A3	<input checked="" type="checkbox"/>	
Actividades de consultoría. Colaboración en fase de redacción de Anteproyecto		

Fases, servicios y tareas disponibles		Tareas incluidas en la presente propuesta	Observaciones
Fase de Proyecto Básico / Design Development	Diseño y coordinación		
	*Participación en las reuniones de coordinación y diseño	<input checked="" type="checkbox"/>	Equipo BDA y consultoría
	*Desarrollo y dimensionado preliminar de la solución de fachada adoptada	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Diseño esquemático de los elementos y detalles de fachada más representativos	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Entaja de procesos constructivos específicos	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Valoración cualitativa relativa al comportamiento frente al fuego de los elementos de fachada y propuesta para su protección o tratamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Valoración y recomendaciones cualitativas de las contribuciones de los edificios de sostenibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Estudios previos relativos a mantenimiento, reparabilidad y uso, y asignación de estrategia y medidas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Valoración económica		
	*Valoración económica a nivel de proyecto básico	<input checked="" type="checkbox"/>	- Descripción detallada de partidas
	*Seguimiento económico. Cost Plan		
	Códigos y normas de diseño		
	*Validar las normas de aplicación para el diseño de la fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	- CTE - Códigos de uso
	*Interpretación de los estudios técnicos realizados	<input checked="" type="checkbox"/>	- Cimentación - Estructuras - Construcción de estructura
	*Progresar en los límites para la obtención de permisos y validación de las soluciones propuestas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Estado actual y estudios preliminares		
	*Valoración y análisis de los informes / conclusiones de los estudios preliminares	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Estudios específicos		
	*Modelos numéricos de comportamiento al fuego, CFD		
	*Entajas numéricas de facha de viento, CFD		
	*Estudios para verificación energética de los envolventes	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Estudios específicos de sostenibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Documentos de Proyecto Básico		
	*Memoria técnica de descripción general del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Relación y descripción de la información disponible	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Descripción general del sitio (Implantación, Topografía, Orientación, Vistas, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Descripción y enumeración de los condicionantes de diseño: estados de carga, restricciones en BLS, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Descripción de consideraciones a tener en cuenta en las distintas y futuras fases de diseño	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos esquemáticos de descripción general de la fachada		
	*Planos de descripción general de la fachada		
	*Planos de sitión y secciones generales de fachada		
	*Planos de sitión de los elementos más significativos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos de detalle de los elementos más significativos del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Plano de memoria de carpintería, plano de repérase	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Memoria, pliego de condiciones, descripción de las partidas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Entrega de la documentación mediante soporte informático encriptado y un ejemplar físico en papel A3	<input checked="" type="checkbox"/>	
Actividades de consultoría. Colaboración en fase de redacción de Proyecto Básico			

Fases, servicios y tareas disponibles		Tareas incluidas en la presente propuesta	Observaciones
Fase de Proyecto de Ejecución / Contract Documents	Diseño y coordinación		
	*Participación en las reuniones de coordinación y diseño	<input checked="" type="checkbox"/>	Equipo BDA y consultoría
	*Dimensionado completo de la fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Definir los procesos constructivos y de montaje	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Definición y dimensionado de las estructuras derivadas del proceso constructivo	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Diseño de sistemas de protección para el cumplimiento de la estabilidad al fuego de los elementos de fachada	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Concreción de elementos de diseño con relación a los criterios de sostenibilidad definidos en las fases previas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Particularización de los Pliegos de Condiciones	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Estudios relativos a mantenimiento, reparabilidad y uso, y asignación de estrategia y medidas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Verificación modelos 3D, renders e infografías	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Desarrollo modelos 3D y renders e infografías		
	Valoración económica		
	*Elaboración del presupuesto detallado	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Seguimiento económico durante el proyecto. Cost Plan	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Documentos de Proyecto de Ejecución		
	*Memoria técnica específica de fachadas	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Justificación de cálculo de los componentes	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Pliegos de Condiciones	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Descripción general del solar (Implantación, Topografía, Orientación, Vistas, Edificaciones del entorno)	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos generales		
	*Planos esquemáticos de descripción general de la fachada		
	*Alzados generales		
	*Planos de detalles tipo y específicos de encuentro con otros lotes	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Alzados y secciones de detalles	<input checked="" type="checkbox"/>	- En coordinación con planos de arquitectura
	*Descripción y enumeración de los condicionantes de diseño: estados de carga, restricciones en BLS, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*En elementos de acero laminado, planos de detalle genéricos para la realización de los planos de taller portenteros	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos de detalles específicos y complementarios	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos de demolición		- Sección adaptada
	*Redacción del Plan de Control de Calidad	<input checked="" type="checkbox"/>	- Criterios de adaptación y trabajo
	*Redacción del Plan de Gestión de residuos		
	*Descripción de procesos constructivos específicos	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Planos de memoria de carpintería, plano de repérase	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Memoria y pliego de condiciones	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Descripción de partidas, medición y valoración ajustada	<input checked="" type="checkbox"/>	
	*Prototipos, ensayos, test	<input checked="" type="checkbox"/>	- Incluido en memoria, pliego de condiciones y valoración
	*Entrega de la documentación mediante soporte informático encriptado y un ejemplar físico en papel A3		
Actividades de consultoría. Colaboración en fase de redacción de Proyecto de Ejecución			

8.4. El futuro.

La consultoría de fachadas parte de una idea tan simple como entroncar la necesidad de especialización que exige la arquitectura de vanguardia para proporcionar a los arquitectos soluciones de alto nivel y hacer realidad fachadas ligeras de última generación.

El denominador común de los trabajos que se desarrollan gira siempre entorno a una filosofía de trabajo en la que los consultores aportan soluciones para mejorar el global del proyecto. Este sistema no depende de la magnitud o de la complejidad de la obra tanto como de la organización y del método de trabajo.

Aplicando el aprendizaje derivado de experiencias anteriores y de la práctica profesional, en combinación con el estudio, la investigación y la formación constante, se puede ofrecer el más amplio registro de servicios integrados en el proyecto general. Servicios que van desde el análisis de las variables, diseño, planificación del proyecto y control de la ejecución material en fábrica y obra.

Las consultorías especializadas en fachadas ofrecen asistencia técnica para acometer con éxito los proyectos más complejos desde el punto de vista conceptual, de funcionamiento, formal, técnico y constructivo.

En la actualidad la actividad de consultoría de fachadas en España está en desarrollo y su lenta implantación en general está vinculada a proyectos de arquitectura. Sin embargo, en Europa y en otros mercados con mayor tradición, hay múltiples compañías con equipos especializados integrados dentro de su propia organización que dan respuesta a tareas muy concretas. Las grandes ingenierías, muchas de ellas multinacionales, tienen departamentos de consultoría específica de fachadas que separan en subespecialidades.

Las compañías de menor tamaño, hasta cierto punto generalistas, suplen la potencia de estas grandes firmas con un seguimiento directo y personalizado en fases de diseño y concepción, la fase más creativa y decisiva del proyecto, sin olvidar el desarrollo técnico necesario para dar fiabilidad a las decisiones de los arquitectos autores.

La internacionalización de los equipos y las fórmulas de trabajo lleva a la ampliación de las actividades relacionadas anteriormente en este capítulo, añadimos como tareas sub-especializadas los estudios complementarios de los más diversos temas.

Diseño de fachadas – Facade designer.

- Análisis de tendencias.
- Implantación de nuevos sistemas y materiales.
- Media facade.
- Estudios lumínicos relacionados con la fachada.

Planificación de fachadas – Facade planner.

- Preparación de los documentos de licitación incluyendo especificaciones técnicas y condiciones de contratación.
- Evaluación técnica y comercial de las ofertas de los licitadores.
- Estudio y evaluación de las empresas ofertantes con valoración de competencias, habilidades y riesgos.
- Preparación de planes de negocio empresarial para desarrollo de nuevos productos.
- Estudios de viabilidad de innovación con desarrollo de modelos, prototipos, pruebas técnicas y ensayos estructurales.
- Desarrollo de sistemas de fabricación y los conceptos de prefabricación, ensamblaje y logística de transporte y montaje.
- Desarrollo de conceptos de limpieza y mantenimiento que incluye la coordinación de la ingeniería de desarrollo de equipos de acceso.

Análisis:

- Análisis prestacional:
 - Supervisión y validación de pruebas de estanqueidad al agua, permeabilidad al aire, la estabilidad, prestaciones sísmicas, aislamiento térmico y acústico.
 - Peritajes y evaluación del estado de las fachadas.
 - Informes y dictámenes de patologías.
 - Informes y propuestas para la rehabilitación o mejora de fachadas existentes.
 - Informes del estado de los cerramientos para su valoración en procesos de transacciones inmobiliarias.
 - Informes científicos y forenses.
- Análisis estructural:
 - Pre-dimensionado estructural de los componentes de la fachada y de sus complementos, aleros, pasarelas, subestructuras de soporte, barandillas.
 - Pre-dimensionado estructural de los componentes de las fachadas especiales, tensadas, vidrio estructural, cables, jácenas y estructuras vítreas, etc.
- Análisis energético:
 - Análisis de los sistemas de aislamiento y comportamiento energético puentes térmicos y riesgo de condensación.
 - Análisis de sistemas complejos como fachadas multifuncionales y otros sistemas de control solar integrados en el cerramiento.
- Otros estudios relacionados con el confort:
 - Deslumbramiento, confort visual, interacción de luz natural y artificial.

Para todo lo anterior es fundamental el seguimiento de las tendencias a nivel mundial en cuanto a conceptos arquitectónicos, sistemas de fabricación y su utillaje así como la evolución de la implantación de nuevos productos.

Otro aspecto básico de futuro es la formación continua, con la vinculación desde la docencia al mundo universitario y a los laboratorios de investigación públicos o privados a través de los cuales es posible el seguimiento de la innovación y de los sistemas de vanguardia.

Los Prototipos

9. Los prototipos.

“Prototipos y maquetas de gran tamaño desempeñaban un papel importante; el método de Jean Prouvé (croquis, prototipo correcciones, planos de ejecución) era el que dominaba...Los prototipos se usaban para enseñárselos a los arquitectos y a los clientes y para ensayos de resistencia y de deformación. Más adelante se hicieron ensayos de la estanquidad de las juntas”.

Peter Sulzer. Años de forja: del taller a la fábrica. AV monographs. Jean Prouvé.

La constante innovación es fruto de la voluntad de los arquitectos de llevar al límite de lo posible las combinaciones de sistemas y materiales, pretendiendo mostrar su capacidad de creación con una clara voluntad diferenciadora. Habitualmente se basan en resultados de experiencias anteriores tomadas como referencia, pero no sustituyen la parte más práctica del proceso de creación de las fachadas “singulares”. Esto da lugar a propuestas de alto riesgo formal y de complicada solución técnica.

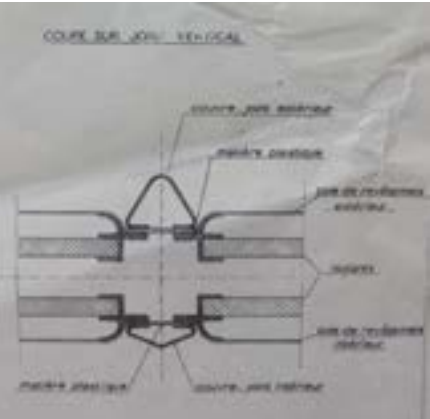
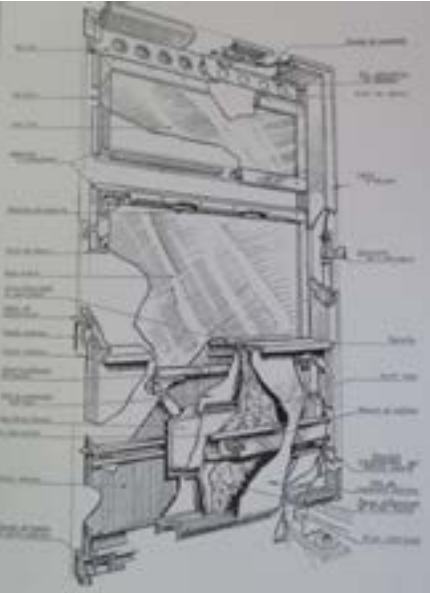
Para comunicar las ideas normalmente se generan imágenes que son la expresión gráfica de la obra futura. Son la primera aproximación a lo creíble y el resultado es cada vez más comprometedor, por la vinculación necesaria entre expectativas y la realidad a construir.

Las imágenes foto-realistas se utilizan como expresión de la realidad futura. Los programas de renderización tienen una gran capacidad de representación de las geometrías, los colores, texturas, transparencia, luz, brillo, reflexión, interacción de las capas y del entorno, a diferentes horas del día y de la noche, con diferentes posiciones de cámara y ángulos relativos entre el observador y el edificio, e incluso pueden mostrar los entornos y la ambientación con alto grado de fidelidad.

Sin embargo este sistema de expresión gráfica genera gran incertidumbre en cuanto a la credibilidad de los resultados y a la viabilidad real de las propuestas representadas. Cuando estas no están tuteladas por especialistas en construcción pueden dar lugar a error, ya que pueden estar planteadas simplemente con la voluntad de presentar las ideas, sin tener en cuenta factores clave de la materialización.

La arquitectura dibujada no debe perder su lógica constructiva porque detrás de una idea potente tienen que existir los mecanismos para hacerla realidad.

Para la representación de las propuestas arquitectónicas hay una desproporción clara entre las posibilidades de generación de imágenes y la de su correspondiente relación con las prestaciones reales. Desde el punto de vista compositivo pueden resultar satisfactorias y muy sugerentes, pero pueden fracasar por sus inconcreciones técnicas y constructivas. Las imágenes son imprescindibles en la presentación de cualquier proyecto pero no son suficientes.



Sede de la Federación Nacional de la Construcción.
Paris 1949.
Gravereaux e Lopez arquitectos.
Fachadas diseñadas y construidas por Jean Prouvé.

Hoy en día la realidad virtual aumentada ya nos ofrece la posibilidad de acercarnos con sensación de movimiento a espacios y percibir sus dimensiones. Incluso podemos simular la visión del entorno y los interiores a través de las fachadas. Sin embargo, hay aspectos importantes de la percepción que todavía esta tecnología no permite. ¿Dónde dejamos la posibilidad de “tocar”? ¿Cómo se relacionan las personas y los espacios? ¿Cómo hacemos que las propuestas sean constructivamente fiables?

Del mismo modo que las infografías requieren de un desarrollo técnico elevado para ser fiables, la visión en 3D con mayor razón tiene que estar respaldada por la técnica de construcción adecuada al grado de definición.

En ciertos proyectos de arquitectura poco convencional con presupuestos mucho más elevados de lo habitual, se trabaja desde hace años con visores en 3D para “vivir” las sensaciones del interior y del exterior. Podemos modificarlos con cierta inmediatez para presentar varias alternativas, sin excesivo coste, llevando incluso los dispositivos de proyección a casa del cliente. A pesar de ello es imprescindible construir prototipos a escala real con los materiales definitivos, lo que posibilita como si de un laboratorio se tratara, corregir una y otra vez hasta validar las propuestas antes de la producción seriada.

La voluntad de llevar al límite las propuestas de los sistemas requiere una reflexión seria para mantener la fiabilidad de las prestaciones. El diseño de arquitecturas con geometrías y funcionamiento complejo planteadas partiendo de imágenes sugerentes, se puede resolver con aplicaciones informáticas que permiten calcular y simular las estructuras, el comportamiento fluido-dinámico o energético del edificio. Las simulaciones reducen la incertidumbre desde el punto de vista técnico y funcional, pero sin embargo el tratamiento individualizado de los aspectos puede comprometer el resultado final.

Por otra parte la solución constructiva de estos casos especiales se resuelve habitualmente con la permutación de materiales y productos que funcionan aisladamente, no siendo por ello garantía de que lo hagan en su conjunto.

Visto lo anterior, previo a la toma de decisiones y la puesta en marcha de esta parte del proceso, debemos comprobar la integración de todas las variables, imagen, funcionamiento y construcción, en la propuesta final.

Construir es una actividad transdisciplinar en la que intervienen y opinan numerosos agentes, son mayores los requisitos de calidad y crece la exigencia. Por ello, tal y como acabamos de introducir, la construcción de prototipos es un paso imprescindible para reducir riesgos y asegurar los mejores resultados de la técnica del proyecto.

Plantear la construcción de un prototipo es una decisión acertada, que pondrá en marcha todos los mecanismos para acercar con éxito la idea al resultado final.

Este notable esfuerzo económico y de gestión exige una planificación adecuada y un método que parte del convencimiento de su utilidad. Debe servir para validar las propuestas y verificar cuestiones tan diversas como la imagen, la viabilidad técnica o la capacidad del industrial para resolver la fachada.

Prototipo de fachada

Un prototipo es una construcción a escala real de un fragmento representativo de la fachada que incluye todos sus componentes. Es el primer ejemplar que se fabrica; no hay que esperar que sea perfecto pero debe ser fiel y servir como referencia. Los prototipos dan vida a cualquier diseño y proporcionan gran cantidad de información sobre la interacción de la técnica y del usuario, permitiendo poner a prueba la viabilidad además de ayudar a descubrir las posibles mejoras. Su objetivo final es reducir las incertidumbres y los riesgos inherentes a todo proceso de diseño.

Que es:

- Es un módulo completo con todos los formatos, materiales y sistemas.
- Con todos los elementos de remate tanto interiores como exteriores.
- Es un laboratorio de trabajo que permite la verificación, corrección y evolución del modelo a construir.
- Incluye propuestas opcionales de acristalamientos, colores, texturas, geometrías etc. para la toma de decisiones.
- Está montado en taller, a pie de obra, en la estructura propia del edificio o incluso en construcciones auxiliares.
- Montado en una estructura auxiliar que permita la observación desde un plano inferior o desde la distancia.
- Con la misma orientación que su posición definitiva.
- Visitable desde el interior.
- Incluye falsos techos, falsos suelos, acabados interiores e incluso mobiliario.
- Se admiten piezas simuladas con otros materiales y acabados para representar a los componentes antes de su industrialización.

Sirve para:

- Concretar los requerimientos por parte del Equipo de Diseño.
- Poner a punto la solución constructiva y la materialidad del cerramiento.
- Confirmar por parte del arquitecto diferentes aspectos formales y técnicos que en ocasiones se dejan abiertos, como pueden ser colores, texturas, color y reflexión de los acristalamientos, sombras, visión a través de las serigrafías, o chapados etc..
- Comprobar la cualificación del industrial y su capacidad y respuesta.
- Atender las aportaciones del industrial y con ello:
 - Ajustar su tecnología y producto concreto.
 - Proponer mejoras que simplifiquen el proceso de fabricación y puesta en obra.

- Validar las propuestas del industrial, adaptando las opciones de implementación en función de su capacidad de fabricación y de puesta en obra.
- Verificar detalles concretos que sobre plano son de difícil interpretación.
- Probar:
 - Aspectos técnicos tales como vibraciones, rigidez, maniobrabilidad de automatismos.
 - Aspectos formales como la visión a través de las capas, efectos combinados de la luz, reflexión y transparencia.
 - Dimensionado real de los componentes y accesorios.
- Verificar la interacción de las diferentes capas, brillo, interacción del color pigmento y color luz, las sombras, los reflejos...
- Comprobar la visibilidad a través de las pieles y efectos ópticos no deseados.
- Verificar el aspecto del modelo real con la iluminación monumental o de stand by.
- Corregir, modificar, adecuar las soluciones.
- Ensayar sistemas de montaje y puesta en obra.
- Evolucionar y descubrir posibles mejoras.
- Acordar y validar los resultados por todas las partes.

Planificación y costes.

Los prototipos se construyen tras haber cerrado el proyecto de ejecución. Estos deben permitir la implementación de algunas variables anteriormente determinadas en el pliego de condiciones.

En ocasiones, la propiedad encarga los prototipos antes de la adjudicación al fachadista, ya sea para comparar posibles alternativas como para verificar de modo preliminar la solución. En otras son los industriales los que por su cuenta asumen el riesgo de preparar los modelos a escala real como promoción de su industria. Lo más habitual es que, una vez contratada la obra y según se indica en los pliegos de condiciones, el adjudicatario monte el prototipo para su examen por parte de la propiedad, la dirección facultativa y los otros agentes.

La inclusión en la planificación general de la obra es fundamental para el éxito de los prototipos; es imprescindible preverlos con su coste incluido en el presupuesto general de la partida, ya sea con medición cero y coste real, o bien con mediación real y coste cero. La anticipación ha de permitir por una parte su corrección en sucesivas aproximaciones, y por otra los ajustes de la tecnología necesarios antes de su validación definitiva. Estos ajustes pueden hacer que el proceso se demore varios meses.

Los plazos para la fabricación de matrices para perfiles especiales, la obtención de determinados productos, la preparación de utillajes específicos para cada proceso de fabricación, entre otros, pueden invalidar la solución y bloquear el proyecto. Por ello hay que tener en cuenta la previsión y admitir aprobaciones parciales de componentes para no provocar retrasos y permitir que la innovación sea posible.

Se pueden construir diferentes variantes de prototipos, todos ellos relacionados entre sí de tal forma que se optimizan los recursos:

- Técnicos y visuales completos.
- Para ensayos.
- De montaje.
- Técnicos parciales.

Los prototipos visuales, haciendo referencia al listado anterior, son útiles para la puesta a punto de la técnica y de la forma. Se pueden construir antes o después de la adjudicación definitiva de la obra.

Los prototipos de ensayos se montan en los bancos de pruebas de laboratorios privados o públicos para testar y validar la configuración definitiva con todos los componentes que se utilizarán en obra, y especialmente con los ajustes específicos de cada obra singular. Desde el punto de vista prestacional estos ensayos servirán para la clasificación homologada de cada una de las prestaciones, estanqueidad al agua, al aire, resistencia mecánica etc. Son auditados por especialistas externos de las oficinas de control que certificarán los resultados obtenidos.

Estos prototipos ensayados no sustituyen las pruebas de carga, termografías, ensayos acústicos o pruebas de estanqueidad en servicio que se han de llevar a cabo en la fase adecuada una vez la construcción en obra ya ha empezado.

Los prototipos de montaje sirven para poner a punto los equipos de trabajo, medios auxiliares como ventosas, grúas, andamiajes y probar las dificultades de la puesta en obra, especialmente en zonas de difícil acceso o de geometrías complicadas. Son ensayos a tamaño y dificultad real que han de permitir las mejoras necesarias para el cumplimiento de los ritmos de montaje con la calidad acordada.

Además de los anteriores se construyen prototipos parciales para poner a prueba determinados componentes, como pueden ser los anclajes o elementos estructurales, o bien para estudiar la durabilidad de los tratamientos superficiales o la compatibilidad de productos. En ocasiones estos ensayos están normalizados y no ofrecen duda en cuanto a sus características, sin embargo hay configuraciones que no corresponden a ninguno de los ensayos estándar para los que hay que diseñar y acordar el modelo de ensayo para que los resultados puedan ser tenidos en cuenta. Esto ocurre en ciertas soluciones de protección o de comportamiento al fuego, ensayos de vibraciones o de estabilidad de uniones mecánicas o adhesivas. En ocasiones este tipo de ensayos especiales son extrapolaciones basadas en experiencias de otras industrias como pueden ser el de la automoción o el ferroviario.

Adicionalmente a los ensayos normativos, en arquitecturas de altura o configuración singular, son muy útiles diferentes pruebas de laboratorio como túnel de viento o sismo.

A pesar de todo lo anterior, hay modos de proyectar en los que se sigue reclamando el derecho a “hacer arquitectura mientras se construye”, ajustando las decisiones a la realidad de la obra.

Hoy esta pretensión en nuestro contexto no es viable. La estandarización, la prefabricación, los stocks, los procesos de producción industrial, la fabricación especial para, una vez más, singularizar nuestro proyecto o simplemente los compromisos de plazo de ejecución de los componentes lo hacen imposible.

Por ello el proceso de una fachada singular basado en la preparación anticipada de los prototipos, con montaje de todos los componentes especiales, cierra una fase de toma de decisiones que conviene a todas las partes.

Sin embargo, desde la definición conceptual del edificio a la verificación final del cumplimiento de los requisitos técnicos, el proceso no es lineal y en un único sentido. Debe haber múltiples revisiones de ida y vuelta para verificar que en la toma de decisiones no hemos perdido ninguno de los compromisos de partida.

Los prototipos son la referencia concreta del resultado, por lo que se plantean como final del proceso de creación y también como primer paso del proceso de construcción.

En un proceso habitual de proyecto, la secuencia referida a las fachadas de un edificio es cíclica y debe poder reiniciarse desde cualquier punto y ser coherente en su revisión hasta la validación de prototipos. El proceso se ampliará con detalle más adelante.

En las imágenes que ilustran esta Tesis, se muestran casos de obras donde se montaron prototipos que fueron de gran utilidad y cumplieron el objetivo fundamental de los modelos a escala: reducir la incertidumbre de los resultados. Se plantearon desde el primer momento con la aprobación del proceso y el coste por parte de la propiedad. En función del proyecto y de la complejidad de sus cerramientos la inversión, quizá menos de un 1% del valor total de la partida, se recupera con el aseguramiento de la calidad, de la anticipación, de la vinculación de las partes en la toma de decisiones irrevocables y de los compromisos con el cumplimiento de las exigencias de la planificación.

La gestión y los costes son rentables para todos y, por ello, como se ha explicado los prototipos han de ser montados en el sitio adecuado, deben ser completos y tener todos los elementos que componen el cerramiento (aleros, pasarelas, *cortineros* y cortinas, remates interiores, falso suelo del interior, luminarias...). De este modo la percepción será lo más parecida a la que se tendrá en la obra acabada, permitiendo cambiar, evolucionar y aceptar la realidad después de una reflexión profunda.

Tras la validación de los prototipos y para asegurar la coherencia entre las fases de proyecto y de construcción hay que verificar los documentos generados por el constructor de la fachada, para comprobar la relación directa con el proyecto de ejecución, el contrato y el prototipo. Se tienen que preparar los desarrollos geométricos, planos generales y de replanteo y todos los detalles adecuados a la realidad de la obra así como los cálculos para la validación de todos los componentes.

Además el fachadista debe desarrollar una exhaustiva planificación de todas las actividades hasta la entrega del "As Built".

Dicha planificación debe contener los puntos clave y los plazos de validación de los diferentes temas, como son las previsiones de compras, fabricación, inicio de puesta en obra, medios auxiliares, sistemas de control de calidad, ensayos in-situ etc. en coordinación con la planificación general de la obra.

Por ello, se propone:

- En primera instancia, validar las imágenes del proyecto de ejecución. Conviene asesorarse con rigor por los técnicos de cada uno de los sistemas y por la industria. Se requiere un alto compromiso, no sólo con las forma, sino también con la técnica que la hace posible.
- Describir claramente, en el Pliego de Condiciones, el alcance de los prototipos, su tamaño, características, emplazamiento, los elementos y materiales a presentar, sus alternativas.
- Tan importante como todo lo anterior es determinar, previo a su construcción, las decisiones a tomar y quien es el responsable. Esto marcará las características del prototipo a construir.
- Prever en la planificación el tiempo necesario y los recursos económicos para su construcción.
- Para ello hay que saber quién y cuándo va a construir, dejando margen para posteriores correcciones.
- Construir prototipos para otras verificaciones. En función de la complejidad del proyecto, son necesarios varios prototipos que ensayan específicamente cada caso concreto.
- Aprobar el prototipo, lo que implica un compromiso por parte de la propiedad del industrial *fachadista* y del arquitecto, y dar validez al resultado. Hay que saber interpretar la distancia entre un modelo y la realidad, una parte del conjunto y el total.
- Rigor en la secuencia que parte de la idea y termina concretándose en el prototipo.

A pesar de todo, no siempre se acierta. La incertidumbre se reduce, pero el riesgo no llega a ser cero. Los prototipos no sustituyen a la realidad, pero son el paso más cercano. La buena arquitectura no ha de perder su lógica constructiva, sabemos que detrás de una idea potente tiene que haber los mecanismos necesarios para hacerla realidad y los prototipos los son.

Como muestra de todo lo anterior, en las páginas siguientes mostramos una selección de prototipos junto a la imagen de la obra finalizada, para mostrar el grado de incertidumbre y la enorme distancia que hay entre el prototipo a escala real y el resultado final de la obra.

Los primeros casos son maquetas, prototipos o secciones parciales de la obra en los que se han realizado todo tipo de ensayos y pruebas normalizadas como las pruebas de estanqueidad, resistencia mecánica, de arranque, de durabilidad, acústicas, etc...



Ensayos estanqueidad y resistencia mecánica en Tecnalia para Muro cortina con contrafuertes de vidrio laminado



Permasteelisa test & Lab. Distintos tipos de fachada construidos y monitorizados para verificar prestaciones energéticas con control permanente de parámetros en espacio interior y en las capas de las fachadas multifuncionales compactas



Banco de ensayos de Grupo Aluman. Preparado para muros cortina de doble altura, sismo, y todas las pruebas convencionales de estanqueidad agua, permeabilidad al aire y resistencia mecánica



Edificio Forum 2004, Barcelona. Herzog& de Meuron. Prototipo de fachada en obra.



Ensayos estanqueidad y resistencia mecánica en Tecnalia para Muro cortina con contrafuertes de vidrio laminado



Permasteelisa test & Lab. Distintos tipos de fachada construidos y monitorizados para verificar prestaciones energéticas con control permanente de parámetros en espacio interior y en las capas de las fachadas multifuncionales compactas



Banco de ensayos de Grupo Aluman. Preparado para muros cortina de doble altura, sismo, y todas las pruebas convencionales de estanqueidad agua, permeabilidad al aire y resistencia mecánica



Torre Agbar. Estudio de Caso 3. Torre Agbar. Jean Nouvel y Fermin Vázquez Arquitectos. 22@ Barcelona. Ensayos de estanqueidad a l'agua in situ.





Edificio CINQ-UA2, Barcelona 22@
Eduard Gascón-TAC Arquitectes
Prototipo de fachada instalado en fábrica sobre estructura especial para modelos a escala.



Patrick Genard, Carlos Ferrater. Edificio Imagina-Mediapro. Barcelona 22@
Prototipo para 720 ventanas tipo. Con remates interiores a suelo y techo.



Estudio Lamela. Ebrosa-30. Madrid
Prototipo en obra



Patrick Genard, Carlos Ferrater. Edificio Imagina-Mediapro. Barcelona 22@
Prototipo para 720 ventanas tipo. Con remates interiores a suelo y techo.



Estudio Lamela. Cristalia Bussines Park. Madrid
Prototipo en interior del taller y posteriormente montado en obra.



Sede del INTECO, León.
Navarro, Ayesta, Vives, López
Prototipo doble piel de chapa de cobre estirada y prensada



Batlle i Roig. Edificio INTERFACE. Barcelona 22@
Prototipo fachada de doble piel de vidrio instalada en obra.



Estudio de caso número 5. Torres porta fira. Toyo Ito y Fermin Vazquez b720 arquitectos.
Prototipo fachada muro cortina modular y revestimiento monocapa coloreado en masa sobre tableros instalado en obra



3 Torres de viviendas. Alonso&Balaguer A.A. Pça Europa. L'Hospitalet. Barcelona
Prototipo de fachada acristalada para galería, montado en obra.



Hospital oncológico de Donosti.
Uslan Ark. Jon y Eneko Uranga.
Prototipo de fachada doble piel vidrio abotonado.



Josep Llobet. PB2. Masia Fútbol Club Barcelona. Sant Joan Despí. MCM-Ferrés Arquitectos y consultores
Prototipo en fábrica y pruebas de iluminación de la doble piel en obra.



Ferrés Arquitectos+ Jaume Fitó. Torre Diagonal Cero. Barcelona 22@
Prototipos montados en obra para estudio solución definitiva de muro cortina y doble piel. Opciones para selección de industrial fachadista.



Sagrada Familia, Barcelona, Torres dels Evangelistes. Desarrollo de los diseños y prototipos de estructura metálica con revestimiento de titanio y embocaduras de inox, montado en taller y posteriormente en obra.



Edificio oficinas Balmes 49, Barcelona. Eduard Gascón TAC arquitectes
Prototipos de la fachada principal en taller y fachada posterior en obra.



Rehabilitación integral complejo oficinas Issy Guynemer. Paris. Arte-Charpentier.
Prototipo en taller para toma de decisiones de composición de fachada previo a adjudicación a fachadista.



Tour Salé. Rabat. Maroc.Rafael de la Hoz Arq.
Prototipos de la primera versión de la torre, para selección de materiales de fachada, durante el proyecto de ejecución. Cerámica, vidrio y compuestos de resinas e hidróxido de aluminio.



Gare de TGV Rabat Ville. Maroc. AWMountassir. Arch.
Prototipo de estructura de cubierta y revestimientos de composite.



Gare del TGV Rabat Agdal. Maroc.Gabinet Youssef Melehi Arch.
Prototipo de “musharabie”, celosía de hormigón para fachada.

9.1. Estudio de caso de prototipos 1.

La Querola Residencial, Ordino. Andorra.



Imagen del primer concepto de Querola.

Ateliers Jean Nouvel-Ribas-Ribas.

La Querola de Ordino es un complejo residencial formado por un conjunto de 7 edificios adosados a la ladera de la montaña. Cada unidad representa un monolito, una masa de piedra, un rasgo topográfico que se aferra a la montaña, que le pertenece y que da forma al paisaje. En este conjunto, cada apartamento, dúplex o triplex, desarrolla una relación única con los paisajes.

La Querola reproduce un elemento natural cambiado de escala. Formalmente pretende responder a su definición, “Un Querol” es un accidente geológico formado en un paisaje plano, es una emergencia enorme de piedra, con unos estratos pétreos que tienen líneas de laminación, en el que aparecen fallas y fisuras, con geometrías complejas.

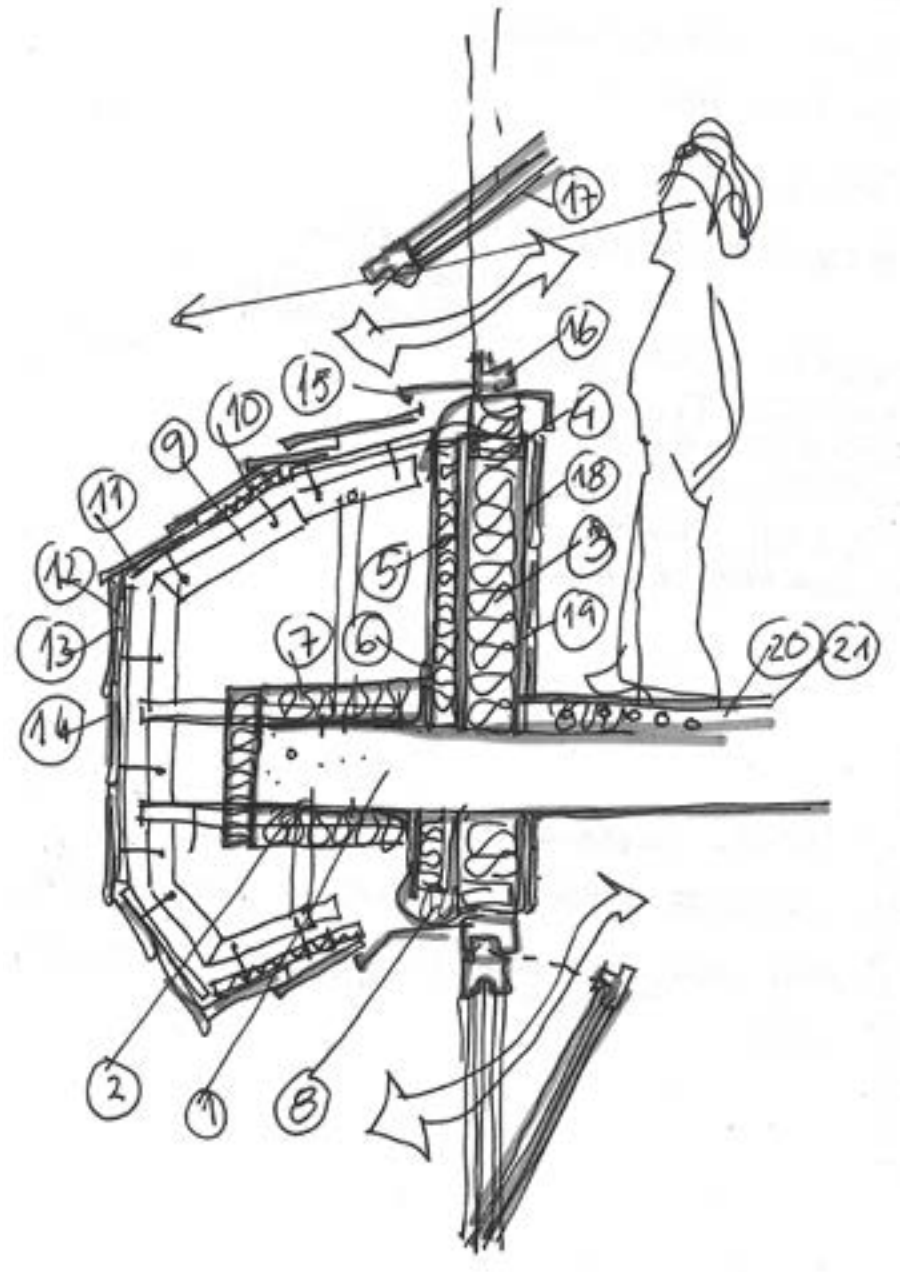
Debido a los volúmenes del edificio y de sus fachadas se planteó un sistema de construcción seca que permitiese adaptarse a las formas de proyecto con las tolerancias y flexibilidad que requería dicha complejidad. Las prestaciones energéticas de la fachada son muy elevadas debido a la premisa de proyecto que tenía que conseguir



Querola.



Maqueta de trabajo con despiece propuesto para resolver la geometría compleja.



Esquema constructivo de la sección tipo de fachada.

Estructura soporte del primer prototipo en fábrica.



una calificación A en todas las unidades de vivienda.

Las fachadas y su continuación hacia la cubierta están formadas por un cerramiento de construcción seca en todas sus capas, entre diferentes forjados, el cual permite integrar una subestructura en el plano vertical para las ventanas basculantes de grandes dimensiones y formas variables e irregulares. Esa subestructura sirve también para soportar un conjunto de costillas exteriores, que se adaptan a la geometría de la fachada de piedra. La carcasa, es variable en planta y en sección formando planos de medidas muy dispares formando una piel continua con pliegues y pirámides irregulares con vértices en los que convergen hasta 7 planos.

Las ventanas de la fachada principal se han resuelto con perfiles de acero de Forster y con rotura de puente térmico, dadas sus propiedades de resistencia y soldabilidad, ya que permitía tener la geometría exacta y mejor comportamiento al peso propio del triple acristalamiento en posición abierta en el plano horizontal. El sistema de apertura de estas ventanas, se ha proyectado con un novedoso sistema de “mecatrónica”, con doble motor oculto y sensores, accionados simultáneamente. Esa motorización requiere de sensores anti-aprisionamiento en las juntas para evitar daños a terceros y un



Prototipo de fábrica terminado.

complejo sistema de señales para cierre automático en caso de viento o de sobrecarga por nieve.

En la fachada posterior, lado montaña, formada por empalizadas horizontales de madera maciza de escuadría de gran formato, de hecho es una fachada ventilada, que ocultan el sistema de aislamiento exterior SATE de Rockwool. Las carpinterías practicables y correderas de las series de Schüco, se plantearon de hoja oculta para que los volúmenes de la perfiles sean lo menos evidente posible.

Con la finalidad de confirmar el proceso constructivo y las soluciones técnicas a utilizar, se realizó un prototipo a escala natural en taller, que permitió un primer encaje de la fachada y dar cuenta de las dificultades que se podrían encontrar en la obra e incluso discutir sobre los remates entre sistemas, despieces de la piedra, tratamiento de los diferentes materiales, mermas y costes.

Para determinar el sistema de cuelgue de las piezas de pizarra, se realizaron ensayos de carga para fijaciones ocultas y fijaciones pasantes. También el tratamiento de los cantos de la piedra, cortados a disco o dejados de cantera, sirvieron para tomar decisiones de cómo había que trabajarla garantizando la durabilidad de una piedra que por su naturaleza se exfolia fácilmente.

Vista la dificultad y complejidad del sistema constructivo se decidió realizar el prototipo en la obra integrado en un apartamento modelo con todas las desviaciones reales y así comprobar su viabilidad.



Subestructura soporte piedra ventilada de pizarra.

Prototipo instalado en obra.





Imagen de la abertura desde el interior del piso piloto.

Además se introdujeron nuevas premisas en cuanto a prestaciones de aislamiento, despieces y sistemas constructivos.

Se está planteando un cambio de sistema constructivo de fachada con la misma pizarra pero con la barrera impermeable en la capa exterior, es decir la “weather line” en el plano más exterior de la fachada, solo cubierto por los rastreles y la piedra o bien continuar con un sistema de fachada ventilada, donde la barrera impermeable está en el plano horizontal interior, al nivel del forjado. Por otro lado, sigue en cuestión si se trata la geometría mediante costillas y planos, o mediante subestructura que forma planos donde se soportan los rastreles y la piedra. En la primera de las soluciones se requiere más precisión el montaje, pero es más fácil y puede ser exento a la estructura de la ventana. En la segunda subestructura es mucho más complicada

Infografía del conjunto de las 7 querolas.



y la “weather line” se encuentra en una zona de muy difícil acceso para eventuales reparaciones y el agua o hielo estarán siempre en recorridos ocultos.



Primer gesto.

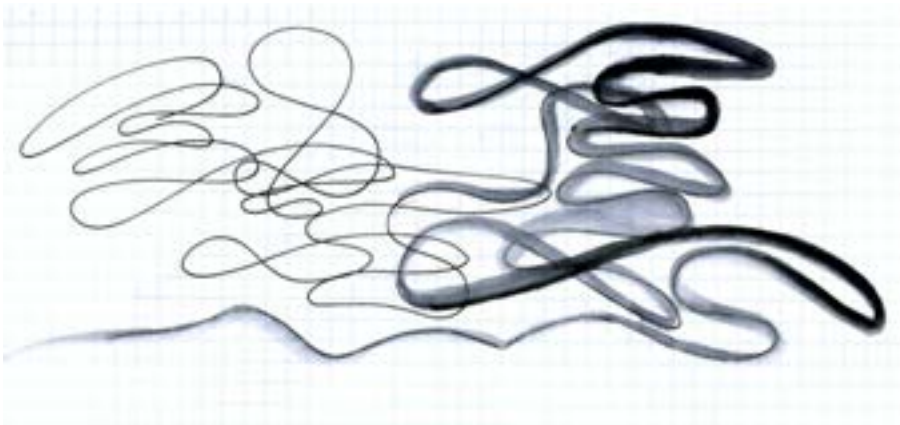
9.2. Estudio de caso de prototipos 2.

Spiraling TWR, Barcelona 22@.

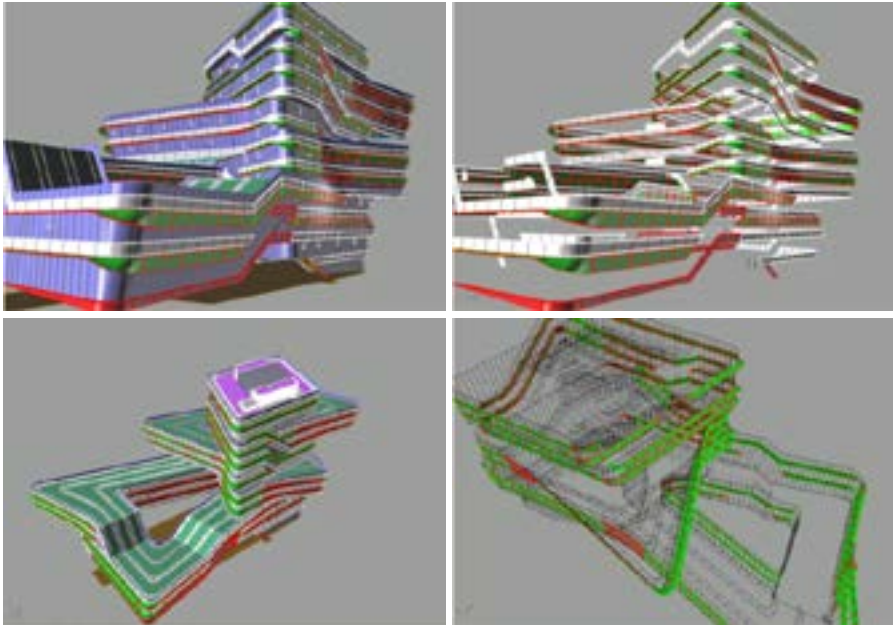
Zaha Hadid Achitects.

El carácter fluido de la torre generado por la composición dinámica de volúmenes se aleja de la clásica tipología de torre. Spiralling tower debe su nombre al gesto que define el concepto del edificio, espiral de crecimiento con múltiples facetas. El movimiento en espiral continuo, dinamiza una serie de espacios públicos, conectando el campus, a través de los patios y bajo los voladizos. A través de estos el edificio se eleva desde el nivel de la calle para ser ocupado por usos cívicos y públicos.

Cuenta con once plantas sobre rasante y está organizada por la superposición de diferentes cuerpos de forma romboidal que van creando distintas terrazas y voladizos.



Primeros trazos.

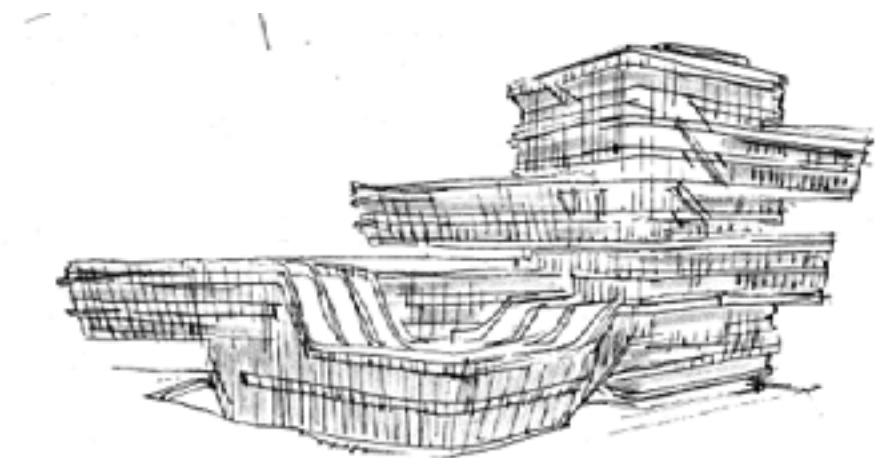


Desarrollo geométrico. Estudios 3D.

El proyecto preveía la construcción de 27.650 metros cuadrados, de los cuales casi la mitad se dedicarían a oficinas, 2.500 a uso docente, 2.000 a un auditorio y el resto a uso comercial y salas de exposiciones.

Las fachadas se plantearon como una envolvente continua con una parte de visión, acristalada de suelo a techo con vidrios de control solar y baja emisividad, sin perfilería aparente por el exterior (con juntas a testa), y una parte ciega (en el paso de forjado) formada por el cierre opaco de la envolvente y un revestimiento ventilado que produce un efecto de bandas continuas. Este efecto se acentúa por el avance de forjados en voladizos y por el cruzamiento de las bandas hacia el forjado superior, dando como resultado el efecto espiral que da su nombre al diseño propuesto. El efecto se completó con el agregado de bandas de protección solar exterior y barandillas acristaladas continuas en el borde de las terrazas que se generan por los voladizos.

El muro cortina se resolvió con una retícula de montantes y travesaños de aluminio con rotura de puente térmico. La modulación típica es de 1.397x4.000mm, pautada por la subdivisión de los ejes estructurales del edificio en partes iguales y uniformes y el anclaje de montantes de canto de forjado a canto de forjado.



Croquis de la geometría del proyecto.

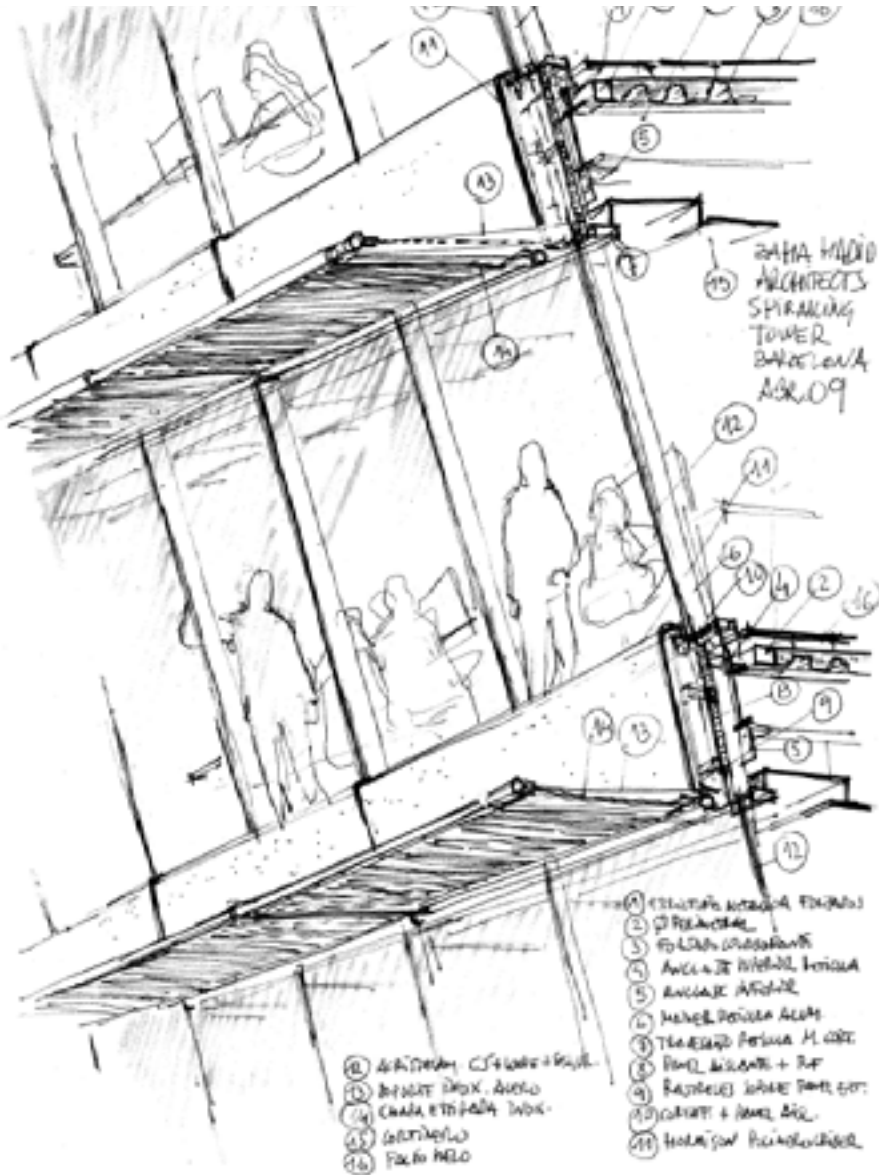
En el caso típico de las plantas de oficinas los travesaños se enrasaron y se integraron con el falso techo y el pavimento para permitir una visión lo más limpia posible del interior hacia el exterior.

Se colocó un acristalamiento aislante, de aspecto neutro con una mínima reflexión, con vidrio laminado de seguridad en el interior y en el exterior. La capa de control solar era pirolítica curvable. La junta horizontal tiene sujeción mecánica con presor y tapeta que quedan ocultos por el aplacado ventilado.

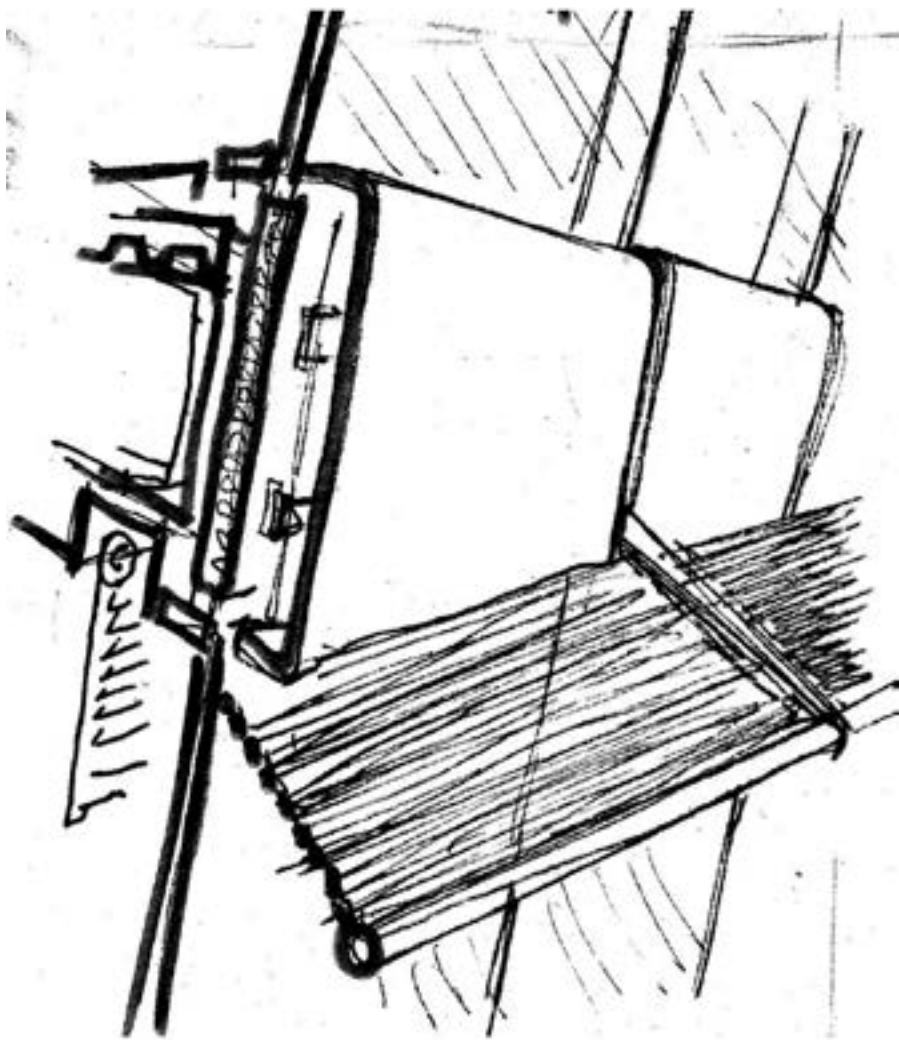
El paso por delante del forjado se cerró con un panel sándwich opaco para galce en el muro cortina. Se completó con un cierre termo-acústico entre plantas y una franja resistente al fuego mediante unas placas de fibrosilicatos y un panel de lana mineral de alta densidad.

Los montantes tenían los fresados y los refuerzos correspondientes para colocar las cartelas de los parasoles de chapa estirada de inox.

Para señalar su linealidad y corporeidad como elemento determinante de la imagen de la fachada, el canto del forjado se resolvió mediante



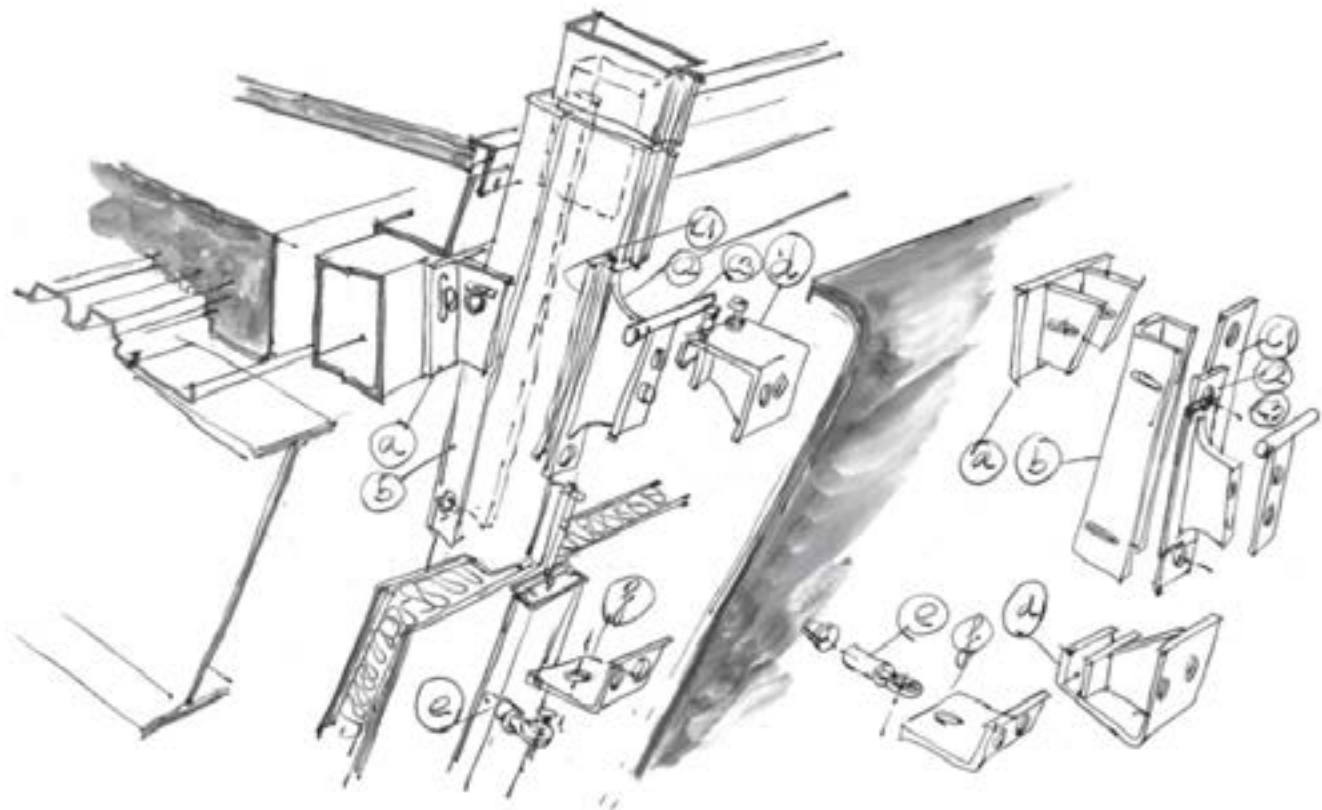
Esquema concepto y componentes de la fachada.



Esquema concepto y componentes de la fachada.

Esquema concepto y componentes de la fachada.

El Nudo.



un revestimiento de placas de un nuevo material, derivado del hormigón polimérico texturado de 22mm de espesor nominal con fijaciones ocultas.

Las bandas de protección solar exterior se resolvieron mediante unos parasoles formados por pletinas, tubos y chapa de metal expandido de acero inoxidable, con acabado pulido brillante.

Durante el desarrollo de este proyecto desde el sintético croquis inicial, que representa el crecimiento orgánico del edificio, hasta el final del proyecto de ejecución se concentraron los esfuerzos en dos líneas de trabajo.

Por una parte se buscó la solución geométrica de la envolvente para optimizar el número de moldes necesarios para las piezas curvas



Prototipo parasol de acero inoxidable estirado.



Prototipo y ensayos de hormigón polímero para desarrollo de la geometría compleja de los antepechos.

Ensayo en laboratorios APPLUS para resistencia al humo del cerramiento acristado curvo de gran formato.

de antepecho, de acristalamientos y de parasoles, con la intención de simplificar y racionalizar el desarrollo geométrico, reduciendo los más de 800 tipos de piezas de doble curvatura de la geometría inicial. Por otro lado se trabajó en el desarrollo técnico de tres materiales, el primero de ellos basado en el hormigón polímero que debía configurar los antepechos de toda la obra.

Se reformularon los compuestos para mejorar la resistencia, se rediseñó el sistema de fijación integrado y oculto y el sistema de moldes para la reducción de costes. El segundo material con el que se trabajó, formaba los aleros y era una chapa de acero inoxidable estirado que permitía cumplir su función como parasol y no era opaco a las vistas desde el interior.

El problema a resolver era de tipo industrial para poder dar las formas alabeadas de doble curvatura siguiendo la geometría de proyecto. El tercer material ensayado en APPLUS era un compuesto de vidrio y butirales para cumplir los requisitos de estabilidad al fuego de una mampara. Dicho acristalamiento debía funcionar como barrera al fuego y especialmente al humo de los cerramientos de los patios

Infografía del proyecto.



La metodología

interiores. Ante la falta de ensayo homologado para piezas de gran formato y desarrollo curvo, se tuvo que pactar el diseño del horno y los parámetros a ensayar, así como la evaluación de los resultados.

10. La metodología: proceso de diseño y tecnología.

Durante mi carrera profesional he ido aplicando un proceso en evolución continua en cada nuevo proyecto, a partir del cual he ido desarrollando el esquema de la metodología que se desarrolla a continuación.

Consiste en una propuesta de actividades a llevar a cabo durante el proyecto desde la fase de diseño a la fase de construcción. A caballo entre ambas trataremos las fases de adjudicación, muestras y prototipos, validación de soluciones.

Este proceso nos permite pasar del plano de las ideas al proyecto de ejecución, desde los croquis conceptuales de la idea arquitectónica al detalle constructivo. En la fase de construcción controlar la ejecución, dirigir la obra y controlar la calidad, y finalmente recopilar el *as-built*.

10.1. De la idea al diseño final.

Equipo integral, no suma de equipos.

En este largo proceso de construir, que puede durar varios años, intervienen técnicos de formación muy diversa cada vez más especializados. Durante años los arquitectos han ido tratando específicamente la forma, de la misma manera que los ingenieros se han ocupado de la tecnología de la construcción, lo que ha llevado a que el “qué” y el “cómo” se hayan desvinculado el uno del otro, hasta quedar la tecnología en un lugar tangencial dentro del mundo de la arquitectura.

En la actualidad el incremento de la complejidad de los proyectos, de los requisitos y de las prestaciones ha significado un nuevo planteamiento y reparto de las tareas. De tal forma que hoy ya no es válida la fórmula simple que ignora aspectos de la técnica en la construcción a la hora de proyectar. Este nuevo paradigma hace imprescindible la figura del especialista con formación específica en cada uno de los campos, para ser integrados en un conjunto con el objetivo común de la calidad.

Reducir la incertidumbre y el riesgo.

El paso desde el mundo de las ideas a la realidad construida, desgraciadamente, no siempre tiene el final que cabría esperar. Son muchos los factores que determinan la calidad resultante de las fachadas. Aspectos como el proceso de diseño, la planificación, la industrialización, los materiales, los formatos y sus transformaciones o, sencillamente, los conocimientos básicos de la técnica de la construcción, son determinantes para la consecución de los objetivos que se plantean en el origen de cualquier proyecto.

Los sistemas informáticos disponibles en la actualidad permiten proyectar formas basadas en geometrías complejas, hasta hace poco inasumibles, al mismo tiempo las infografías facilitan la representación de imágenes de una realidad futura, que suelen asociar el éxito del proyecto al diseño de la fachada. Esto es poco razonable puesto que la técnica no lo soporta todo y hay que ser racionales en las propuestas.

En cuanto a su viabilidad técnica, la intuición y el sentido común son imprescindibles, pero no suficientes, pues hay que demostrar numéricamente las decisiones o validarlas en el laboratorio. Para ello son fundamentales los estudios complementarios a desarrollar, ya sea mediante modelos informáticos, prototipos, ensayos de laboratorio o a pie de obra, o bien del conjunto o bien de elementos por separado. Es decir, constituyen un paso fundamental para controlar y reducir, tendiendo a “cero”, las incertidumbres del proyecto de ejecución.

Hoy en día contamos para ello con aplicaciones informáticas, cada vez más fiables, que hacen posible calcular las prestaciones, el comportamiento y el funcionamiento de los sistemas y, en consecuencia, nos permiten optimizarlos, dimensionando las estructuras, la climatización, la iluminación natural y artificial, etc. con las ventajas que supone de cara a incrementar el ahorro económico, energético y mejorar el confort. Todo ello sin perder de vista el concepto general del edificio y compatibilizando el alto nivel de exigencia formal a la técnica, las normativas y las prestaciones requeridas.

Por lo tanto, es clave para reducir la incertidumbre que hay entre las ideas y los resultados finales de la obra construida, emplear una metodología clara y sistemática desde el proyecto al montaje, que permita revisar a cada paso y reformular los sistemas si es necesario. Sólo validando las decisiones una a una en cada fase, se consigue descubrir si las propuestas funcionan o no y los riesgos asumibles.

10.2. Metodología Propuesta.

El método propuesto se puede aplicar a profesionales con un perfil creativo o a profesionales más técnicos. Ambos forman parte de un equipo de trabajo *transdisciplinar*, dirigido por el arquitecto autor del proyecto, quien liderará el camino desde el mundo de las ideas hasta su materialización.

Acerca del concepto transdisciplinar.

Es un concepto clave de la fórmula de trabajo en equipo que se defiende desde este trabajo, por lo que conviene en este punto concretar tres conceptos que se utilizan indistintamente de modo erróneo.

El primero de ellos es el concepto de “multidisciplinar”, en un proceso de trabajo concurren varias disciplinas de tal modo yuxtapuestas, que los resultados o planteamientos de cada una no se ven influidos o modificados por los demás.

El segundo “interdisciplinar”, sistema de trabajo en el que el acercamiento de todas las disciplinas es coordinador, de tal forma que

los resultados o planteamientos de cada una de ellas se ven influidos o modificados por los demás.

El tercero y fundamental “transdisciplinar”, es aquel proceso de proyecto en cuya formulación concurren varias disciplinas integradas de tal modo, que no sólo los resultados o planteamientos de cada una se ven influidos o modificados por los demás, sino que los propios expertos de cada una de las disciplinas corrigen sus aproximaciones a la luz del debate con el resto de miembros del equipo de trabajo.

De esta forma con el intercambio de criterios y trasvase de información y conocimiento se mejoran notablemente las posibilidades de éxito del proyecto.

10.2.1. Fase de diseño.

10.2.1.1. Idea.

Una idea es el inicio del desarrollo de un trabajo de larga duración. Se determinan el objetivo final, las necesidades del usuario y los volúmenes deben ser combinados para darle “forma”. En este primer planteamiento se tratan las cuestiones urbanísticas, definiendo usos, superficies, áreas, espacio y un tanteo de presupuesto. Debemos realizar estudios preliminares con tal de destilar y aclarar las ideas considerando imágenes de referencia, bocetos y una descripción muy elemental en un primer grado de concreción.

Como ocurrirá en todas las fases sucesivas la aprobación por parte de todos los agentes es condición imprescindible para abordar las siguientes fases. Aunque sean susceptibles de retoques, es fundamental la revisión sistemática para garantizar que no se desvirtúan los planeamientos iniciales.

Es el momento de confirmar la implantación en el lugar, la tipología constructiva, la singularidad o la seriación de un grupo de edificios.

10.2.1.2. Concepto arquitectónico.

Necesitamos un concepto arquitectónico global.

Desde el punto de vista de un arquitecto esta es, probablemente, la parte más creativa y crucial del proceso puesto que define la forma futura y la calidad y originalidad del proyecto.

El argumento de arranque es tan diverso como el resultado final, hemos asistido a las más originales maneras de plantear la solución de un conflicto derivado de la idea inicial. Cada autor tiene una forma personal de traducir las primeras intenciones a la forma arquitectónica,

fragmentos de poema, trazos espontáneos o elementos de la naturaleza van a servir para arrancar la primera formalización y la puesta en marcha de los equipos.

10.2.1.3. Concepto de fachada.

Debemos desarrollar un concepto de fachada que de modo general debe estar integrado en el concepto arquitectónico global. La calidad del edificio está fundamentalmente definida por el éxito del cerramiento, pero también por su integración con el concepto del edificio.

Aquí se debate la forma, el color, la textura, la luz, las sombras, la transparencia y muchas otras características. Debemos desarrollar conceptos energéticos, hacer secciones básicas y tomar decisiones tipológicas: definir qué le pedimos a la envolvente. Los estudios del área específica del cerramiento y del presupuesto son necesarios en este punto, y también es momento de coordinar el análisis estructural y de climatización.

Cada tipología de fachada diferente se trata de forma individual, pero considerando el proyecto como un todo. Las prestaciones y los requisitos están en este punto en una fase de exploración aunque deben concretarse antes del fin de esta etapa.

10.2.1.4. Definición de los sistemas de fachadas.

Es momento para la técnica aplicada.

Hay que definir el sistema constructivo y su funcionamiento. Fachada transventilada, fachada multifuncional o de doble piel, fachada panel, muro cortina, construcción modular, capacidad portante, aislamiento, viabilidad constructiva o sistema de mantenimiento son decisiones a tomar en este punto. El dimensionado de los componentes, los espesores, el comportamiento mecánico y estructural, las distancias entre los elementos estructurales, tolerancias entre oficios, etc. También consideramos la protección al fuego, así como los procesos de fabricación, ensamblaje, transporte y puesta en obra. El posterior mantenimiento y los medios auxiliares necesarios también van a condicionar la toma de decisiones. Usamos diagramas y gráficos para definir los tipos de cristal y los elementos opacos, las composiciones en alzado y las geometrías, hay que abordar el comportamiento de los sistemas en conjunto y por separado.

Tratamos de evolucionar productos existentes y la industria tiene la respuesta. En algunos casos hay que desarrollar para confirmar su elección. El proceso de validación, homologación, certificación e industrialización que tiene por objetivo obtener el visto bueno para incorporarse en el edificio, o en el mercado, es normalmente muy lento. En el caso de tratar de aplicar la innovación sin los medios y el tiempo necesario, puede malbaratar propuestas que convenientemente desarrolladas tendrían potenciales líneas de futuro. Hay que revisar los costes, la planificación y los objetivos trazados en estadios anteriores.

Hay que potenciar las ventajas de la construcción ligera y hacerlas evidentes, gracias a la estandarización, industrialización, control de calidad, prefabricación, rapidez de puesta en obra, con sistemas testados o testables y la posibilidad de adecuación a las condiciones concretas de cada caso.

10.2.1.5. Componentes y materiales.

Tenemos que definir y especificar componentes y materiales, las gamas y marcas de perfiles o las modificaciones del diseño de los productos de acristalamiento y de otros materiales, así como sus transformaciones, juntas y uniones, y la compatibilidad de estos productos con el cerramiento y con otros elementos del edificio.

La gran variedad de materiales aplicables a la construcción de fachadas ligeras tiene como consecuencia una oferta enorme de alternativas. En muchas ocasiones se confunde el material, su proceso de fabricación o industrialización y el producto necesario para cada caso. Hablar con propiedad de composites, cerámica, mallas o vidrios, por citar algunos casos, requiere un conocimiento de las limitaciones, de los formatos, las prestaciones, la durabilidad o la disponibilidad para cada caso concreto, para ser aplicadas con garantías.

Tal como ocurre con los sistemas hay que tener en cuenta que el proceso de implantación es extremadamente lento y complejo. Si añadimos a estos factores el hecho de que los sistemas de fachadas admiten muy pocas permutaciones, entenderemos la limitación para la innovación y los nuevos desarrollos.

10.2.1.6. Detalle técnico y concreción.

Concretar es el objetivo más complicado.

Es necesario conocer la pequeña escala, que es la que da forma a la gran escala. A través del estudio de los detalles constructivos y de la materialización de las diferentes tipologías de fachada, se consigue profundizar en los condicionantes de la técnica y la forma de los edificios.

Todas las decisiones previas y las definiciones de producto se plasman en papel para verificar la viabilidad de la fachada y del concepto del edificio.

La redacción completa de todos los detalles de fachada adecuados a cada fase es fundamental para controlar todas las variables y para reducir el riesgo de lo desconocido durante la ejecución.

Las leyendas de los detalles constructivos, las especificaciones técnicas, en memorias, pliegos de condiciones, descripción de partidas y valoración junto con la gráfica son los documentos vinculantes para la completa e inequívoca definición.

10.2.1.7. Parámetros de comportamiento.

Al hablar de fachadas ligeras, ya hemos concretado que se trata de

sistemas completos y de fabricación industrializada.

Todo lo anterior solo tiene sentido cuando se determinan las prestaciones a cumplir y estas son predecibles a través de cálculos y comprobables mediante ensayos. Podemos agrupar las prestaciones fundamentales del comportamiento de una fachada ligera en cuatro grandes temas: técnicas, formales, económicas, y de confort.

Aunque los criterios generales son uniformes internacionalmente, en algunos parámetros determinantes para la forma hay disparidad de criterios. Esto implica un trasvase de información desde los técnicos de proyecto, las oficinas de control y los estamentos reguladores de cada proyecto para evitar incongruencias. En España el código técnico (CTE), determina con precisión los siguientes parámetros relacionados con las fachadas ligeras, si bien en muchos de estos capítulos no hay una normativa específica aplicable.

• CÓDIGO TÉCNICO:

- SI Aislamiento.
- SI Seguridad Incendio.
 - E integridad.
 - Acceso.
 - Evacuación.
 - Compartimentación.
- HE Energía.
- HS Salubridad.
 - Calidad del aire.
 - Condensaciones.
- SU Utilización (Limpieza).
- SE AE Seguridad estructural, acciones en la edificación.
- HR Protección al ruido.

A modo de resumen se desglosan a continuación las prestaciones de los cuatro grupos, algunas de ellas son criterios de proyecto y diseño, otras son de obligado cumplimiento determinadas por las normativas y códigos de cada país:

PRESTACIONES.

1. Técnicas.

- Aislamiento térmico.
- Aislamiento acústico.
- Estanquidad al aire.
- Estanquidad al agua.
- Resistencia al viento.
- Control solar.
- Ventilación natural.
- Condensación.
- Iluminación natural.

- Seguridad usuario.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia al fuego, comportamiento.
- Compartimentación propagación del fuego.
- Equi-potencialidad.
- Sismo.

2. Formales.

- Volumen.
- Geometría.
- Transparencia.
- Reflexión.
- Translucidez.
- Color de la sombra.
- Forma de la sombra.
- Vistas interior exterior/exterior interior.
- Textura.
- Color.
- Interacción de capas.

3. Económicas.

- Racionalidad del coste construcción.
- Coste mantenimiento y explotación.
- Coste de reciclado.
- Medios de mantenimiento y reparabilidad.
- Durabilidad.
- Energía incorporada.

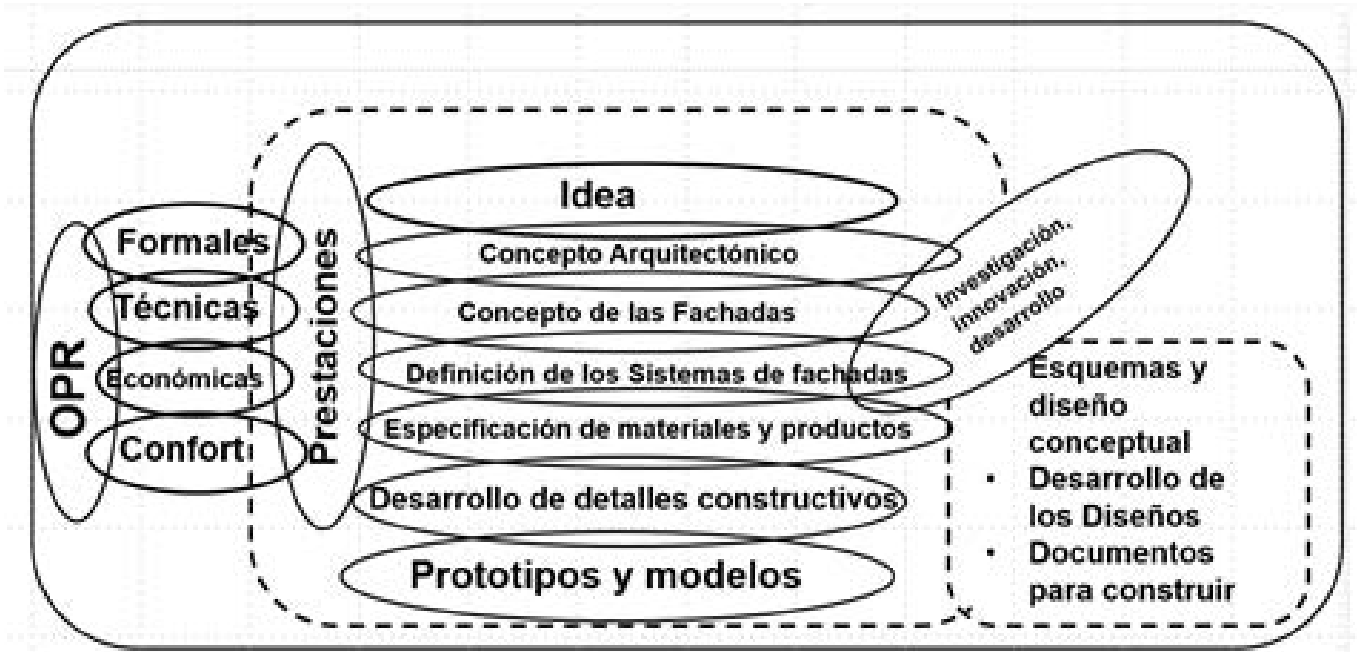
4. Confort.

- Ergonomía.
- Capacidad de participación del usuario.
- Control individual de los elementos.
- Adaptación al medio.
- Ventilación natural.
- Vistas.

Durante el proceso descrito sobre estas líneas, pero especialmente una vez se ha recorrido el camino entre el concepto y su detalle técnico, hay que verificar la concordancia de las propuestas con las fases anteriores.

Los aspectos técnicos, económicos y formales tienen que ser controlados y combinados una vez más referenciando cada decisión al comportamiento técnico. Si queremos reducir la incertidumbre después, es fundamental dedicar tiempo y recursos a las simulaciones y cálculos informáticos, pruebas de laboratorio.

El esquema propuesto en este capítulo es un camino de ida y vuelta, un tránsito desde el mundo de las ideas al proyecto ejecutivo, de los bocetos conceptuales a los detalles constructivos, para comprobar que



las decisiones tomadas en cada paso son coherentes. Demostramos así que existe una relación directa entre la calidad de una envolvente construida y un proceso de diseño preciso, como el propuesto, que comienza con una definición técnica completa gráfica y escrita y que continúa con la creación de prototipos, la realización de pruebas de laboratorio y su posterior fabricación y control de montaje.

Sería conveniente en nuestro entorno, como recoge la normativa americana, la determinación de los denominados OPR (Owner Project Requirement). En las NIBS Guideline 3-2012 del National Institute of Building Science, se definen perfectamente todas las actividades y las relaciones entre los agentes desde la idea inicial hasta la puesta en marcha de la instalación.

La concreción por parte de la propiedad de los objetivos y requisitos a cumplir y obtener al final de la obra, es fundamental para que el proceso conduzca a arquitecturas de calidad.

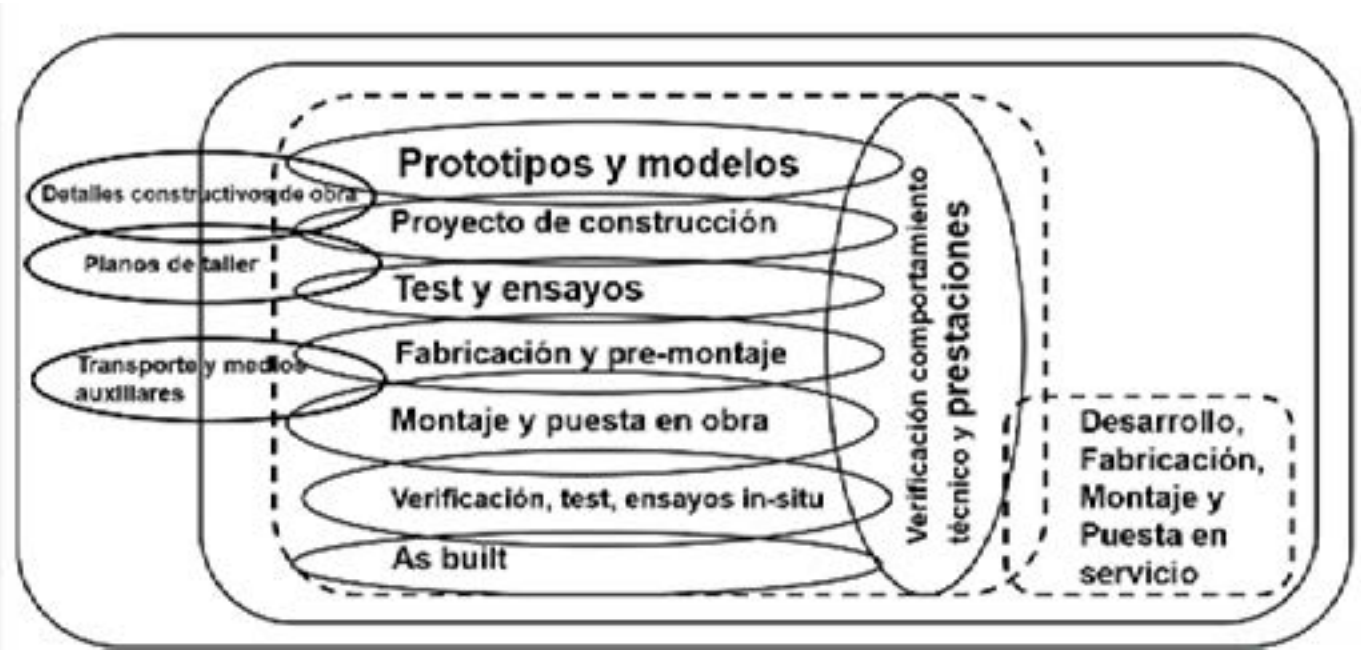
10.2.1.8. Prototipos.

Con los prototipos llegamos al fin de esta fase.

Si podemos agrupar todas las actividades en dos fases principales, fase de diseño y fase de construcción, encontramos los prototipos como articulación entre estos dos mundos, las idas y la materialidad.

Habitualmente los prototipos son construidos por el industrial adjudicatario de la obra, aunque en determinados casos derivados del modelo de gestión pueden construirse varios modelos con fórmulas alternativas adaptadas a los procesos industriales de cada fachadista.

Tal y como hemos tratado en el capítulo anterior, los prototipos, deben ser validados antes de la fase de construcción, especialmente si consideramos a las fachadas como adaptaciones parcialmente probadas. Su complejidad hace necesario comprobar la calidad de lo



que se tiene que construir, las características del proveedor y el ajuste detallado definitivo a una escala de tamaño real. Estamos hablando de prototipos completos y detallados, instalados en obra, por tanto, en el lugar y ambiente para los que están proyectados previamente. De este modo, podemos hacer ajustes de color, reflexión, sombreado, visibilidad, transparencia y muchos otros matices que crean la singularidad de cada objeto.

Hoy por hoy la percepción de la realidad futura a través de las simulaciones informáticas nos permite una primera aproximación al resultado, sin embargo los prototipos, al margen de cuestiones puramente técnicas, han de servir para su confirmación.

10.2.2. Fase de construcción. Del proyecto de construcción al As built.

Prueba técnica.

En ocasiones, los prototipos realizados en la fase anterior son únicamente visuales y tenemos que trabajar simultáneamente con otros modelos a escala real representativos de la complejidad de la solución. De este modo poder hacer pruebas, modificarlos y validarlos rigurosamente y obtener, las homologaciones y clasificaciones necesarias según las regulaciones y especificaciones requeridas.

En los laboratorios públicos o privados de las industrias o en los centros de investigación se certificará la idoneidad de las soluciones propuestas. El procedimiento habitual de ensayos se hace de forma separada, por una parte la solución completa y por otra sus componentes para determinar su comportamiento y testar posibles patologías.

Proyecto de construcción.

Durante el proceso de contratación del industrial, y previo a los prototipos, ya se han determinado todos los elementos adaptados a las necesidades del know how del fachadista. Por tanto las decisiones

que se han tomado ya no admiten cambios, el industrial fachadista tiene que desarrollar el proyecto de acuerdo a sus conocimientos técnicos adaptado a la realidad de la obra.

Es hora de los suministros de materiales, de la fabricación seriada y puesta en escena, los sistemas están a punto y no hay margen para la rectificación ni para la innovación. El proceso de fabricación está determinado.

Los planos de replanteo y de detalle definitivos, igual que todo el proceso de fabricación, se desarrollan coordinadamente por la oficina técnica y son supervisados por el equipo de diseño y los consultores.

Fabricación.

Para el proceso de fabricación se evidencia la necesidad de confeccionar planos de taller y despiece de cada uno de los componentes, que deben ser validados por la dirección de ejecución en todo a lo relacionado con la técnica, y por la dirección facultativa en cuando a aspectos puramente formales.

En esta fase que depende fundamentalmente de la capacidad de la oficina técnica del industrial, es probable que en función de la solución adoptada se deban adaptar los recursos industriales a los formatos y a los componentes de la fabricación, igual que todos los medios auxiliares de transporte y puesta en obra.

Montaje en obra.

Control de calidad e inspección en la obra.

Aunque ya se han probado las soluciones en el proceso de fabricación y montaje, es posible que surjan algunas contingencias que deben ser solucionadas en la obra y debidamente registradas. Los medios auxiliares, los métodos y el calendario de cada uno de los componentes de la obra de construcción deben ajustarse mientras se trabaja, con el fin de mantener la calidad y los plazos.

En este punto, la trazabilidad de los componentes y los procesos industriales es determinante. Llevar a cabo estrictos controles de los materiales de ejecución de la obra permite encontrar y corregir cualquier error y mantener el nivel de idoneidad, para confirmar todas las consideraciones previas y la calidad del producto. Por eso es importante que los proveedores industriales involucrados en el proyecto especifiquen sus pasos de control de calidad internos. La dirección de obra debe controlar la ejecución de la obra con los criterios de aceptación y rechazo determinados en los pliegos de condiciones para cada una de las partidas.

Pruebas y monitorización.

Hay pruebas específicas que se deben hacer para verificar lo construido. Estos ensayos, por lo tanto, sólo pueden hacerse en un punto del proceso de construcción avanzado y, por lo general, consisten en comprobaciones rutinarias que confirman que la aplicación de los procesos es la correcta. Se trata de ensayos acústicos, pruebas de

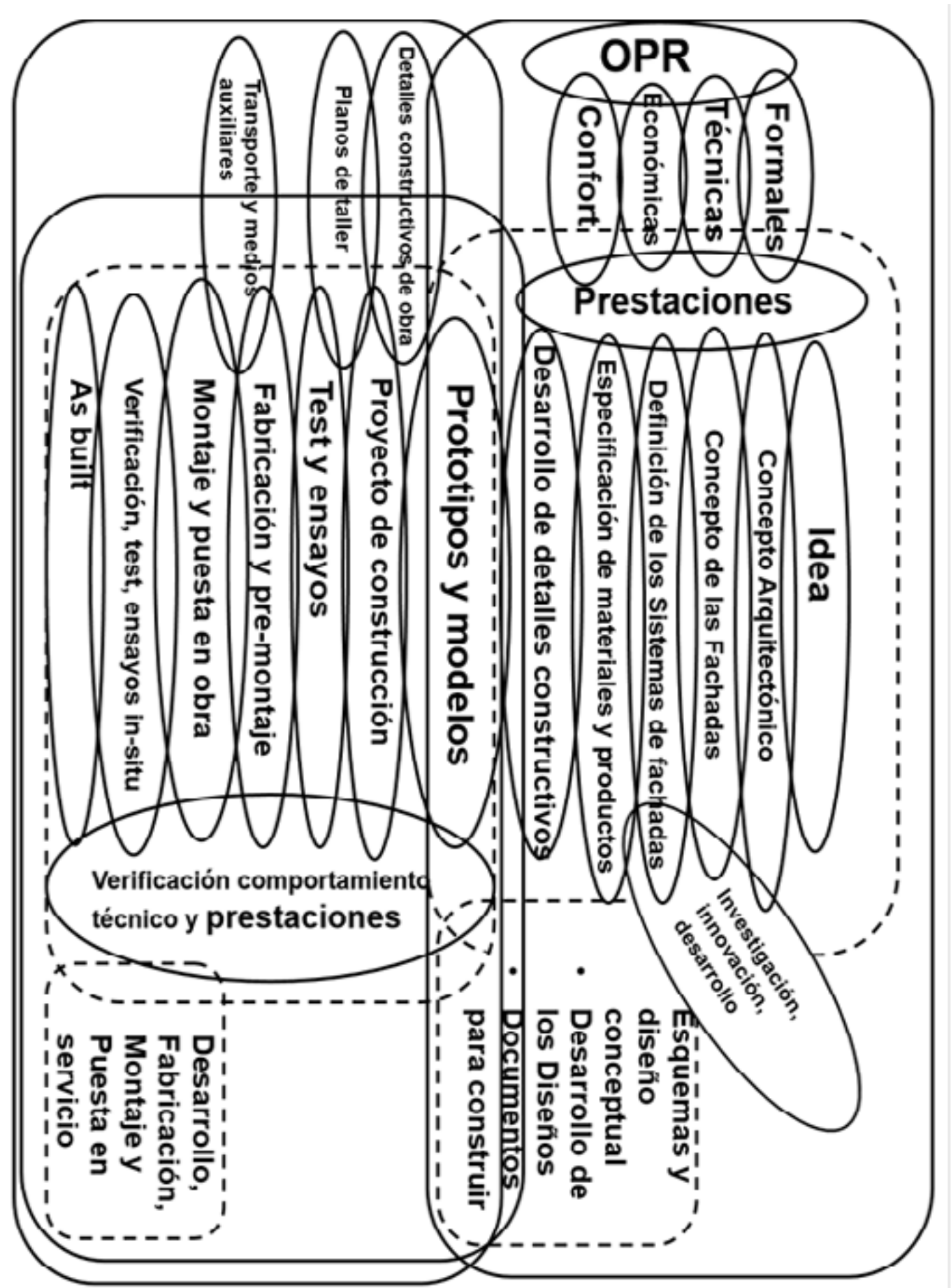
impermeabilización o de estanqueidad, termografías, pruebas de carga, colorimetría, verificación del espesor de revestimiento, etc.

Hay un aspecto también esencial, la verificación del comportamiento de la envolvente bajo la condición de tiempo, especialmente cuando el edificio está completamente terminado y ya en uso. Estas pruebas suelen estar relacionadas con las características energéticas, cuyos resultados rara vez son publicados debido a cuestiones confidenciales y a la duración de la monitorización, proceso que puede alargarse durante varios años. Sin embargo, los resultados obtenidos permiten correcciones internas de las aproximaciones de cálculo y futuras mejoras en el proyecto, útiles para industriales, operarios y, fundamentalmente, para los equipos creativos que las han diseñado y los arquitectos y consultores que las han aplicado.

As Built.

Recopilar toda la información generada durante el proyecto y construcción es el paso final de este proceso. Se debe clasificar toda la documentación técnica, los certificados de origen de materiales, las garantías de los mismos, los lotes de fabricación y su lugar en el edificio. Tenemos que registrar y justificar las decisiones tomadas durante el proceso de construcción adaptándonos a la realidad de la obra.

No podemos olvidar los datos técnicos del proyecto, que incluye los cálculos, simulaciones y cualquier otro documento que vincula a todos los profesionales que hayan tomado parte en el proceso: desde los arquitectos a los consultores, pasando por las oficinas de control y cualquier proveedor industrial. Todos ellos tienen que proporcionar su informe de fabricación y los planos de puesta en obra que contengan cualquier cambio o ajuste.



Estudios de caso

Basado en esta documentación y en el pliego de condiciones de proyecto tenemos que redactar un manual de uso, limpieza, mantenimiento y reparación de las fachadas del edificio, que nos indicará cómo mantener las condiciones iniciales del edificio durante toda su vida útil. Pensar en el futuro es la mejor forma de cerrar el proceso.

11. Estudios de caso.

11.1. Introducción.

El estudio permite conocer la manera de innovar y la evolución de arquitecturas en las que conceptualmente el edificio está basado en materiales, productos y sistemas de fachadas en continua evolución. El ámbito geográfico de las obras es fundamentalmente el nacional, sin embargo el trabajo en proyectos y con equipos de diseño de Alemania, Andorra, Austria, Bélgica, Francia, Italia, Polonia, Portugal, Reino Unido o Suiza en Europa, de Gabón, Marruecos o Mauritania en África o de Bolivia, Ecuador y Venezuela, en Centro América o Japón y China, permite desde una posición privilegiada conocer la técnica y su aplicación y los modos de hacer en diferentes culturas y países del mundo.

Desde los últimos veinticinco años la internacionalización de los diseños desarrollados simultáneamente por equipos de varios países, me ha facilitado el trasvase directo de experiencias, modos de ver y modos de hacer arquitecturas, con la influencia integrada de procesos de diseño, normativas, sistemas innovadores, industrias centros de fabricación y laboratorios de vanguardia.

Se ha podido conocer de primera mano los procesos empleados en la formalización de fachadas ligeras, distinguiendo las tecnologías para sistemas constructivos y las diferentes variables de transformación de todo tipo de tipos de materiales (aluminio, acero, vidrio, paneles composite, cerámicas, mallas o planchas), considerando las diferentes posibilidades de fabricación y de mecanizado, buscando la evolución de las prestaciones, de los sistemas de montaje y de las múltiples combinaciones para así obtener las prestaciones establecidas en el proyecto y sentar las bases para la evolución futura.

De una selección de edificios desde 1987 a 2007, se analizaran las fachadas y sistemas de cerramiento más representativos, en diferentes ciudades, con usos, tipologías, funcionamiento, geometrías y volúmenes diferentes, para estudiar las similitudes o diferencias, reconociendo las aportaciones en cada momento hasta el resultado final y su trascendencia a lo largo del tiempo.

Conociendo el proceso se puede reconocer la coherencia entre las primeras propuestas y las sucesivas aproximaciones durante la materialización, a la vez que se puede mostrar la evolución desde

croquis conceptuales del edificio, del funcionamiento de la envolvente y de la propuesta de detalles a mano alzada, hasta los planos de proyecto de ejecución, los prototipos, el proyecto de construcción y la materialización final.

Partimos de que la selección da relevancia a los casos seleccionados y lo son por determinadas características o avances del momento que se describen en este capítulo.

En las fichas de cada uno de los edificios se muestra abundante información gráfica y de todos ellos se han descrito las características principales a las que hay que añadir las referencias de los textos anteriores en los capítulos de fuego, construcción modular, prototipos, proceso, consultorías, el nudo, ensayos en laboratorio, rascacielos, la doble piel, muros cortina, etc..

11.1.1. Criterios de la selección.

En primer lugar quisiera aclarar que no ha sido nada fácil seleccionar una pequeña cantidad de casos, que son menos del 10% de los casos tratados a lo largo de los treinta años de mi vida profesional. Son una selección de los más de ciento sesenta edificios terminados o en construcción a día de hoy, de los que he colaborado en diferentes facetas ya sea como director técnico de una empresa de construcción de fachadas o como consultor independiente.

Todos los edificios sin excepción, a los que habría que añadir los proyectos frustrados y concursos desarrollados en profundidad serían unos cincuenta más, por tanto más de doscientos casos en total, tienen cerramientos con aspectos destacables y merecerían su apartado correspondiente en este estudio

Esto tiene una lectura inmediata, indica la variedad de casos de arquitecturas de fachadas que siempre son interesantes por algún aspecto, ya sea el proceso de diseño, la originalidad, la innovación, el invento o la evolución de otras experiencias por ejemplo.

Su clasificación podría hacerse con cualquiera de los criterios relevantes que hemos tratado en esta Tesis, pero en general, se trata fachada con permutaciones de elementos que finalmente, todos acabarían en el grupo denominado “fachadas singulares”.

El seguimiento de varios de los casos ha sido doble, habiendo intervenido en el proceso de construcción desde la empresa fachadista o desde la consultoría y años más tarde en el de su reforma o peritaje para las “due diligence”, por lo que he podido comprobar cómo se han comportado las fachadas y cuál es su estado después de quince o veinte años en servicio.

La metodología de esta Tesis está basada en el estudio de proyectos y obras en las que se tienen un seguimiento de largo recorrido, ya sea de obras terminadas o bien en las que el estado de avance del proyecto o de la obra merecen su interés., por tanto el primer criterio de selección es que la obra está terminada.

El segundo criterio es su relevancia en el contexto de la ciudad y por tanto obras de calidad arquitectónica, término ambiguo que sin embargo combinado con el de calidad en la técnica de construcción, pueden servir para demostrar también los objetivos de este trabajo. Los arquitectos autores de los edificios estudiados con más detalle son sin duda de los arquitectos más destacados del ámbito nacional e internacional, entre ellos 5 premios Pritzker.

El tercero de los criterios es que en la obra haya alguna innovación destacable, ya sea de algunos de los aspectos relacionados con los materiales, los productos, los sistemas, o los procesos en general. Todos los casos seleccionados tienen como mínimo cuatro o 5 aspectos interrelacionados, por los cuales ha interesado su selección y por tanto la combinación es punto más a favor de su relevancia.











La internacionalización es otros de los criterios importantes, en los estudios de caso hay trabajos desarrollados en coordinación transdisciplinar de arquitectos, ingenierías, fachadistas, laboratorios, proveedores, normativas o lugares de más de una docena de países, que en la mayoría de obras se agrupan tres o cuatro y hasta siete nacionalidades diferentes.


Hay que comentar en este punto, que debido a lo dilatado en el tiempo del desarrollo de este trabajo, sin haber modificado los criterios de selección, algunos de los casos seleccionados inicialmente se han sustituido o bien se han ido actualizando y algunos otros han cambiado alguna de sus características, habiendo pasado por ejemplo, de proyecto en curso, a obra en curso, o de obra en curso, a obra terminada y en consecuencia la selección se ha adaptado a los casos más relevantes de los disponibles, siendo la última actualización en marzo de 2017.

La variedad de los casos seleccionados puede servir para ilustrar ampliamente las diferentes fases de las actividades desarrolladas y las soluciones técnicas implementadas, que se pueden agrupar su singularidad en el siguiente resumen:

1. Edificios de obra nueva, 6 de 10.
2. Edificios con rehabilitación integral, 4 de 10.
3. Con arquitectos extranjeros 4 de 10.
4. Con premios Pritzker (Rafael Moneo, Toyo Ito, Jean Nouvel) 4 de 10.
5. Rascacielos entre 80 y 145 m. de altura, 5 de 10.
6. Hoteles. 2 de 10.
7. Oficinas o sedes corporativas, 7 de 10.
8. Edificios culturales o de servicios. 1 de 10.
9. Residencial. 0 de 10.

10. Promoción Pública, 1 de 10.
11. Promoción Privada, 9 de 10.
12. Procesos completos desde el desarrollo de las ideas al as built, proceso de consultoría, de control de fabricación y de obra. 10 de 10.
13. Colaboración internacional 7 de 10.
14. Obras con consultoría de fachada, 9 de 10.
15. Prototipos 10 de 10.
16. Procesos de diseño y obra, colaboraciones internacionales en España 7 de 10.
17. Procesos de diseño y de encaje de las colaboraciones en el extranjero, Bélgica, Francia, Polonia 5 de 10.
18. Elementos singulares. (VEA, VEC, FMF, Geom. Compleja, material) 10 de 10.
19. Innovación tecnológica. 10 de 10.
20. Ensayos en laboratorio y obra de sistemas y componentes 8 de 10.
21. Fachada de doble piel 4 de 10.
22. Fachadas de doble piel acristalada 3 de 10.
23. Muro cortina. 10 de 10.
24. Muro cortina modular.5 de 10.

		EC nº1	EC nº2	EC nº3	EC nº4	EC nº5	EC nº6	EC nº7	EC nº8	EC nº9	EC nº10
											
Edificios de obra nueva	6										
Edificios rehabilitación integral	4										
Arquitectos extranjeros	4										
Premios Pritzker (Rafael Moneo, Toyo Ito, Jean Nouvel)	4										
Rascacielos de 80 a 145 m. de altura	6										
Hoteles	2										
Oficinas o sedes corporativas	7										
Edificios culturales o de servicios	1										
Residencial	0										
Promoción Pública	1										
Promoción Privada	9										
Proceso completo	10										
Colaboración internacional	7										
Obras con consultoría de fachada	9										
Prototipos	10										
Proceso con colaboración internacional en España	7										
Proceso con colaboración en el extranjero	5										
Elementos singulares	10										
Innovación tecnológica	10										
Ensayos en laboratorio y obra de sistemas y componentes	8										
Fachada con elementos control solar exterior	2										
Fachadas de doble piel acristalada	3										
Muro cortina	10										
Muro cortina modular/stick	5										
SG Silicona estructural	7										
Tratamiento especial del fuego	5										
Integración fachada-lighting	5										
Edificio premiado	6										

		1. Estado Inicial	2. Concepto arquitectónico, imágenes de referencia, maquetas y renders	3. Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y prod. El	4. Planos de proyecto	5. Planos de detalles constructivos	6. Prototipos y modelos a escala real	7. Ensayos y test en fábrica, taller y obra	8. Talleres y fabricación	9. Obra en curso, montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares	10. Obra acabada
	Estudio de Caso Nº1 Diagonal 640, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº2 Diagonal 682, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº3 Torre Agbar, Barcelona 22@										
	Estudio de Caso Nº4 Genova 27, Madrid										
	Estudio de Caso Nº5 Hotel Torre Porta Fira, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº6 Szczecin Philharmonie, Szczecin, Poland										
	Estudio de Caso Nº7 Torre Puig, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº8 Hotel Catalonia, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº9 Tour Astro, Bruxelles										
	Estudio de Caso Nº10 Torre Cuatre Casas, Barcelona 22@										

25. SG Silicona estructural. 7 de 10.

26. Tratamiento especial del fuego. 5 de 10.

27. Integración fachada-luz 5 de 10.

28. Con edificios premiados Mies van der Rohe, fachadas ligeras, nominaciones FAD, o Emporys al mejor rascacielos del mundo, 6 de 10.

11.2. Estructura de las fichas.

Todas las fichas de los 10 estudios de caso tienen la misma estructura, se ordena cronológicamente una selección de las imágenes que son representativas de los documentos generados y las actividades más destacables en el transcurso del proyecto, desde los primeros croquis, esquemas o ideas iniciales hasta la imagen final una vez construida. Los textos de las fichas contienen datos básicos de la obra a modo de resumen, en el apartado correspondiente de este trabajo de investigación están las descripciones técnicas y otros temas relevantes.

Datos básicos.

• Título, fecha, emplazamiento y autores.

Son los datos básicos del proyecto en cuanto al autor y su equipo y el asociado o partner local. Se cita el emplazamiento, superficie de fachada, años de proyecto y construcción.

• Texto descripción de la obra y de los sistemas relevantes de fachadas.

De todos los casos hay un texto explicativo resumido del edificio y del concepto arquitectónico de las fachadas, así como una descripción más específica de las características técnicas y de las soluciones constructivas más destacadas.

Imágenes.

• Estado inicial.

Hay tres estudios de caso en los que el edificio se ha rehabilitado íntegramente. Las imágenes son del estado original, tal como estaba el edificio antes de iniciar el proceso de proyecto. Hay un caso especial, el nº1 correspondiente a Diagonal 640, el cual fue rehabilitado parcialmente veinte años después de su finalización, por tanto las imágenes de inicio del nuevo proceso se corresponden con las de la obra anterior terminada.

• Concepto arquitectónico, imágenes de referencia, maquetas y renders.

Muchas veces el concepto del edificio viene argumentado por imágenes de un volumen determinado, una flor, un accidente geológico o un gesto. Se trata de mostrar las ideas desde el origen y su relación con el resultado final.

Las maquetas de trabajo han servido para evolucionar los volúmenes y las formas. Normalmente hay varias versiones a distintas escalas, que explican detalles, desde un tramo del edificio a una sección constructiva, y muestran la evolución hasta la maqueta definitiva que con mayor grado de realismo sirven para la presentación del proyecto.

Las infografías explican las intenciones de proyecto y la imagen de la realidad futura, son imágenes en evolución, en función de la fase de trabajo, que comprometen a todas las partes en el objetivo final.

• **Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y productos. El nudo.**

Son los esquemas del concepto general de la obra, del funcionamiento, de las fachadas, los sistemas y los detalles constructivos, en sección y normalmente en 3D. Tan importante como la parte gráfica son la descripción del detalle y las leyendas. En ocasiones son imágenes de estudio, otras de explicación durante las sesiones de trabajo, y otras mucho más elaboradas para su publicación. De este modo, representando “el nudo”, se hace comprensible el funcionamiento del cerramiento, su implicación con la estructura y las instalaciones y la obra en general.

• **Planos de proyecto.**

Planos de proyecto de las diferentes fases (AP, PB y PEJ), plantas, alzados y secciones generales. Como ocurre con los planos, los 3D que han servido para el estudio, desarrollo y optimización de las geometrías, son generales, y en muchas ocasiones no se corresponden con la realidad construida.

• **Planos de detalles constructivos.**

Son los específicos para definir la tecnología a través de los detalles constructivos. En algunos de los casos también se muestran planos de los consultores o de los industriales, para ver los diferentes lenguajes y códigos.

• **Prototipos y modelos a escala real.**

Distinguimos dos tipos de prototipo según su utilidad; en ocasiones son modelos de trabajo a escala natural y evolucionan hasta la solución definitiva, en otras son de detalles, para ensayar y aprobar algún componente.

Otros, montados en taller o en obra, sirven para la aprobación definitiva de las propuestas y para ajustarlas a los requisitos de la técnica, de los arquitectos y de la propiedad.

• **Ensayos y test en fábrica, taller y obra.**

Dependiendo del tipo de ensayo y de la fase de innovación o de

verificación, son pruebas en taller, laboratorio o en el curso de la obra para validar y clasificar las prestaciones de la fachada. Una vez finalizada la obra los ensayos sirven para certificar que la calidad es acorde con los requisitos pactados en el origen. En ocasiones los prototipos de tramos completos de fachada pueden ser útiles para las verificaciones formales de la fase anterior.

• **Talleres y fabricación.**

Se muestran los talleres, instalaciones, utillajes, zonas de acopio para ilustrar el proceso industrial, además del montaje y ajustes de los sistemas y accesorios en obra.

• **Obra en curso, montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares.**

Imágenes de la obra en construcción, para mostrar las fases y el proceso de montaje, los medios auxiliares utilizados o los detalles constructivos definitivos. La revisión de las imágenes del proceso completo de la obra permite ver la anticipación y la coordinación entre los diferentes oficios, estructuras, instalaciones ya acabados de interior, dejando así registro de la secuencia de actividades.

• **Obra acabada.**

Son la muestra del resultado, en diferentes momentos del día, para mostrar el final del proceso y verificar todas las acciones anteriores, especialmente la concordancia con el concepto arquitectónico planteado, las maquetas y las infografías.

11.2.1. Estudio de caso nº 1. Diagonal 640.**Av. Diagonal de Barcelona.****Josep M^a Fargas Arquitecte.**

Este proyecto de 1990, terminado de construir en la primavera de 1993 y rehabilitado parcialmente en 2013, merece una atención especial entre los estudios de caso de esta Tesis Doctoral. Es un ejemplo claro de la innovación en los procesos de diseño y construcción, basado en la colaboración internacional de las ingenierías que intervinieron, el trasvase de sistemas y tecnología, normas y criterios de calidad que funcionaron correctamente. Prueba de ello es que ha aguantado perfectamente el paso del tiempo y las maneras de hacer de aquellos años siguen vigentes veinticinco años más tarde.

La obra del arquitecto Josep M^a Fargas es uno de los más claros ejemplos de la actitud frente a la innovación en el campo de las fachadas ligeras. Toda su obra, arriesgó y confió en la tecnología para dar forma a las más diversas arquitecturas. Sus proyectos son el resultado de una búsqueda constante de nuevos materiales ligeros para que fueran los protagonistas de sus envolventes. Utilizó paneles de composite con resina y fibra de vidrio, vidrio abotonado, silicona estructural, muros cortina con paneles de piedra, utilizó formatos más allá de lo habitual e integró ya a mediados de los 60 el mundo vegetal en las fachadas, por citar algunos ejemplos. Toda su obra es de una altísima calidad y en mi opinión, es una figura que merecería una mayor atención y reconocimiento.

Una prueba evidente de su manera de hacer arquitectura, son los 22.000 m² de cerramientos del edificio de oficinas de la Av. Diagonal 640 de Barcelona.

Fargas proyectó en 1991 para esta obra diez tipos diferentes de cerramientos, destacan los más de 10.000m² de fachada ALL-Glass, muro cortina de silicona estructural, el Vitral artístico con vidrio estructural abotonado, o los 3.000m² de forros de conductos de clima con composite de resina y fibra de vidrio.

Biosca & Botey fue el fachadista encargado de construir los cerramientos ligeros del edificio. En 1988 se inició la etapa más reciente de la histórica Biosca & Botey, con la creación de Biosca Fachadas Ligeras, empresa participada por Umaran, una de las grandes empresas de fachadas y carpinterías de la historia de este país. Ambas empresas construyeron cientos de obras de alta calidad y tecnología puntera, desarrollada en sus fábricas donde se podía investigar e innovar para los sistemas propios de muros cortina y ventanas.

Esta obra de los años 91, 92 y primeros del 93, marcó el inicio de una nueva manera de construir las fachadas ligeras en el país. En el proceso de diseño y construcción se pusieron a prueba muchas cuestiones que aun hoy, no sólo siguen vigentes, sino que, por increíble que parezca, hay muchas de las arquitecturas de supuesta calidad, que aún hoy no han integrado. Fueron aspectos innovadores en aquel momento y han pasado veinticinco años, sin que se haya generalizado el uso de cuestiones tan básicas como la construcción de prototipos, la integración de las disciplinas de fachadas, estructuras, e instalaciones, el trabajo conjunto de técnicos de varios países con sus peculiaridades de normativas, modos de hacer, modos de fabricar o de entender la calidad.

Actualizando los precios de contrato, hoy día el equivalente sería de unos trece millones de Euros, el desarrollo de una obra de esta magnitud estaba al alcance de solamente tres empresas en España, la mencionada Umaran, Folcrá y Biosca Fachadas.

A pesar de su capacidad, Biosca, tuvo que buscar el apoyo de ingenierías extranjeras para resolver la técnica del proyecto y el cálculo de los componentes de las fachadas especialmente del Vitral, construido con VEA, Verre Estructurel Attaché, técnica con muy pocos antecedentes del tamaño y complejidad de la obra.

La obra, tiene más 20.000m² de cerramientos en total, que se agrupan en más de diez tipos diferentes resueltos con sistemas de fachadas ligeras con todas sus variantes:

- Muros cortina con silicona estructural de gran formato.
- Cerramientos entre forjados con vidrio monolítico.
- Fachadas interiores de paneles portantes y vidrio laminar.
- Bajos comerciales de gran formato con perfilería vista.
- Practicables integrados en muros cortina.
- Puertas automáticas giratorias.
- Lucernario de grandes luces con frontal y cerramiento lateral equipado con exutorios de accionamiento neumático.
- Dos cerramientos especiales de vidrio estructural abotonado de gran formato, uno de ellos tratado artísticamente.

- Paneles de chapa de aluminio doblando los muros de la obra formando fachada estanca.
- Forros de los conductos de clima del interior del atrio y del exterior contruidos con paneles composite de resina y fibra de vidrio.

Además se construyeron cerramientos para-llamas de protección de las escaleras de emergencia y los acabados interiores con sistemas de paneles de aluminio formando el conjunto de los núcleos de servicios y las mamparas de acero inoxidable acristaladas que cierran los ascensores panorámicos.

Muro cortina VEC.

En cuanto al muro cortina, una de las partidas singulares de esta obra, es el sistema Stick con trama de perfiles de aluminio y con acristalamientos y pegados a marco con silicona estructural. El sistema de fijación mecánica es perimetral y oculta en el perfil del marco, se rediseñó en especial para esta obra según las indicaciones del arquitecto ajustando los volúmenes al mínimos que permitía Systema-All Glass.

El anclaje también fue diseñado para esta obra, con un complejo sistema de accesorios que permitía el apoyo elástico de las cargas del montante, mediante otra de las innovaciones de esta obra, los pre-anclajes de acero embebidos en la cara superior del forjado. El suministrador de las guías fue la firma italiana Locatelli y el replanteo por parte del fachadista fue un sistema novedoso en España a primeros de los 90, que se venía utilizando en obras de envergadura por toda Europa desde los 70.

El muro cortina instalado es de la serie ALL-Glass y lo desarrollo y patentó Systema, una ingeniería italiana que colaboró con el departamento técnico de Biosca Fachadas Ligeras en el desarrollo del resto del proyecto de construcción y fabricación de todos los cerramientos de la obra.

La modulación tipo de la obra es de 1.800x3.950mm de altura con paneles de paso de forjado de 1.040mm y vidrios de visión de 2.910mm. Formatos nada habituales en las fachadas VEC de primeros de los 90.

Biosca había sido pionera en 1987 con la construcción de las Bodegas Raymat en Lleida y tenía números antecedentes de obras con VEC, pero el tamaño de los módulos obligó a conjugar en el proceso de homologación las normativas francesas, italiana y unas precarias indicaciones de la norma española que estaba completamente desfasada.

La silicona estructural, Structural Glazing SG o Verre structurel Collé VEC era a primeros de los 90 un mito, que aún hoy sigue considerándose por las oficinas de control como “construcción no tradicional” y por tanto se sometió a todo tipo de test previos a la fabricación seriada, controles que siguieron durante la fabricación del doble acristalamiento y el posterior encolado al marco.

El sistema VEC, tenía los perímetros decalados para permitir la fijación perimetral al marco que formaba el EDR, elemento de relleno, de la retícula reduciendo enormemente el riesgo de desprendimiento de los acristalamientos en relación con otros sistemas de silicona estructural pura, menos fiables.

Con las fachadas de silicona estructural se logró una imagen muy novedosa en el momento concreto, ya que se conseguía un único plano continuo y la coplanariedad de los distintos módulos de fachadas, ya fueran de aluminio o vidrio. En estos sistemas hoy mucho más simplificados, no hay ningún elemento de soporte exterior ni de los dispositivos de retención mecánica de los vidrios. Esto daba además, homogeneidad de juntas y tratamiento seco de las mismas.

Otro tema clave en la obra fueron los sistemas de cortafuegos para sectorización vertical de la fachada, que se construyeron con un material y configuración novedosos en la época, las placas rígidas de fibrosilicatos. El proyecto y la obra coincidieron con el cambio de normativa de incendio de la obsoleta NBE-CPI-81, a la NBE-CPI-91 mucho más restrictiva. Aunque no era de aplicación obligatoria, pensando en el futuro, se decidió resolver el paso de forjado con placas rígidas de Promat, complementando el canto del forjado en todas las plantas con lana de roca y chapados de acero galvanizado.

Los tamaños y la modulación extraordinarios para una fachada de esas características obligó a múltiples ensayos, desde fuego para módulos acristalados, impacto de cuerpo duro y blando, pruebas de carga y todos los necesarios para la homologación del sistema de fachada con los formatos de la obra (estanqueidad al aire, al agua, resistencia mecánica que se hicieron en laboratorios homologados en Italia según la normativa francesa impuesta por el Bureau de control SOCOTEC quien a fin de cuentas debía certificar el cerramiento para la obtención del seguro decenal).

Otra cuestión destacada fue el acristalamiento del muro cortina de la fachada principal, ya que se utilizó el novedoso COOL-LITE, de Saint Gobain, vidrio de control solar de capa magnetronica de nueva generación. Al margen de las prestaciones del vidrio con un muy buen factor solar, pero bajo rendimiento en la relación FS-Transmisión Luminosa, las características de tamaño y protección de caída desde el interior, junto con la absorción energética del propio vidrio, obligaron a templar la hoja exterior del doble acristalamiento.

Esto significó poner de manifiesto dos fenómenos muy poco conocidos en el momento. Por una parte, el “Roll-Waiving”, que es la deformación de la placa de vidrio por el contacto con los rodillos del horno en el proceso de templado. A este tema habría que añadir, la alta reflexión del vidrio, el tamaño de la pieza, las deflexiones por rechupe de la cámara de aire del vidrio aislante y las grandes distancias de observación y de objetos reflejados, una fórmula imposible de conjugar con las expectativas del arquitecto, en cuanto a planimetría y nitidez de los objetos reflejados en el plano da fachada.

El otro gran tema conflictivo de la obra fue la manifestación de las roturas espontáneas por inclusiones de sulfuro de níquel NSi. En el año 92 había muy pocos antecedentes del comportamiento del vidrio de control solar templado y aún hoy, es un fenómeno desconocido al que debería prestarse mayor atención y difusión para evitar la injustificada pérdida de credibilidad y confianza de los sistemas de fachadas y de la industria del vidrio.

La imposibilidad de detección de las partículas en la masa del vidrio, hace que el único tratamiento posible, el HST, Heat Soak Test, solamente puede minimizar el riesgo, sin llegar a garantizar al 100% la detección del fenómeno. Aunque se aplica en una buena cantidad de casos, ante la falta de normativa específica y de garantía de los resultados, habitualmente se determina convivir con el problema y actuar cuando se manifieste la patología.

Quisiera apuntar, que de mi experiencia personal, en el 100% de las obras en las que se ha utilizado vidrio templado, desde el año 92, una vez montados los vidrios en la obra, en todas ellas se han producido roturas espontáneas debidas a las inclusiones de NSi. Este fenómeno ocasiona problemas entre los diferentes agentes y debería tratarse a nivel mundial, pero parece claro que si no se ha encontrado un sistema de detección fiable, la industria del vidrio da a entender que hoy no tiene solución.

En aquel momento la aparición de estos dos problemas nada comunes, costaron muchos esfuerzos por todas las partes para que se admitieran como fenómenos derivados de la búsqueda constante del límite y no como patologías de la elaboración del vidrio.

Vitrall. VEA.

Otro de los elementos a destacar por su singularidad y tamaño es el Vitrall de la fachada principal, uno de los más grandes de Europa a principios de los noventa.

El Vitrall artístico denominado “el despertar del planeta”, es una obra del artista Keshava, a quien en octubre del 90 el arquitecto Fargas le propuso dibujar los bocetos para acoplar a la fachada principal del edificio.

Las dimensiones del Vitrall son 22m de alto por 25m de ancho, con placas de 1,80m por 3,95m de alto. Vidrio templado de 12mm de espesor, que era el formato límite de los hornos de templado del momento.

La estructura portante está suspendida del forjado de la sexta planta, lo que implica flechas importantes que combinadas con las propias flexiones de cada una de las placas de vidrio, debidas a las sobrecargas de presión y depresión del viento, imponían un sistema de fijación especial del vidrio y de su anclaje.

Se tuvo que cuidar muy especialmente el mecanizado de los taladros avellanados del vidrio y los elementos de nylon, teflón e inoxidable para bloquear o permitir las dilataciones y los giros de cada uno de los puntos de fijación de las palcas. Los taladros troncocónicos facilitaban que todo el conjunto quedara enrasado por la cara exterior consiguiendo la máxima planimetría. El sistema de fijación es el denominado VEA derivado de las siglas francesas “Verre Estructurel Ataché”.

En la época, había muy pocos antecedentes de estas dimensiones de fachada y del tamaño de la placa de vidrio, de modo que hubo que reinterpretar las ideas de RFR, Peter Rice y Mike Eekhout en el cerramiento de VEA y estructura de cables de las Serres de la Villette de París.

La adaptación se hizo con 6 taladros en cada placa, de 210kg que quedó colgada de los anclajes superiores como si de un muro cortina se tratara. La estructura de acero de soporte se apoyó a la estructura de pilares del edificio y como se ha comentado antes, quedó colgada del forjado de la planta 6.

Las deformaciones de la propia estructura de soporte, las distancias de los mecanizados del vidrio al borde de la pieza, la especial capacidad elástica de la luna de 12mm templada, el peso total del conjunto, obligaron a estudiar un sistema capaz de absorber todas las deformaciones, incluso las previstas por la normativa en cuanto al riesgo de sismo.

El tratamiento artístico del vitral tiene dos técnicas completamente diferentes, uno el grabado al ácido clásico y el otro el pegado del vidrio de color Fisher, vidrio artesano soplado y de fabricación manual, que se pegó con adhesivo de base silicona bicomponente extra-clara.

El grabado al ácido permitía tratar el vidrio por las dos caras, con hasta siete veladuras diferentes, para dar las intensidades y matices de transmisión luminosa haciendo visible la imagen creada por el artista Keshava.

Este tipo de Vitrall artístico puede decirse que fue representativo de la tercera generación, la primera de ellas fue representada por los rosetones y vidrieras góticas, con el tratamiento artístico enmarcado por la estructura de piedra. En la segunda generación, vemos toda la tradición artesana y artística del modernismo con retículas mucho más homogéneas, enmarcadas con perfiles de acero y las típicas divisiones de barras de plomo con sección H engarzando las placas de color de vidrieras y lucernarios.

En esta tercera generación, el vidrio de color y grabado al ácido es de gran formato y gracias al sistema de fijación VEA, la retícula ha desaparecido, dejando todo el protagonismo a la placa de vidrio y sus tratamientos artísticos.

Lucernario.

El lucernario que corona el edificio es uno de los elementos claves de la concepción del proyecto, cubre el gran atrio protegiéndolo de los agentes atmosféricos, del ruido exterior, y del asolamiento, dándole además una luz uniforme.

La claraboya era una de las mayores que se conocen, más de 2.500m², ya sea por su altura o por las luces entre apoyos. Su magnitud se aprecia desde muchos puntos de la ciudad de Barcelona.

En cuanto a la resolución técnica, la perfilera de aluminio está concebida con doble canal de drenaje y los empotramientos entre el sistema de montantes y travesaños permiten la evacuación de las posibles filtraciones. Su diseño permitía ocultar el anclaje a la estructura metálica portante en los propios canales del perfil.

El vidrio, un laminar compuesto por lunas de 10 y 6mm, ofrece un factor solar adecuado para cumplir las exigencias de la ingeniería que diseñó las instalaciones, está engalzado en las caras longitudinales y selladas por testa en las transversales. Dicho vidrio está dimensionado para soportar las sobrecargas habituales, incluso la carga de nieve, y el tránsito de los operarios para mantenimiento, control y limpieza exterior del vidrio.

Otro tema importante es el cerramiento lateral del lucernario que está compuesto por más de un centenar de practicables de grandes dimensiones accionados mediante un sistema neumático controlado desde la central del edificio, con los objetivos: poder controlar la ventilación del interior del atrio y utilizarse como salida de humos en el caso de un siniestro.

El proyecto de Diagonal – Sarriá de Fargas fue una reto para Biosca Fachadas Ligeras por el nivel de calidad arquitectónica del edificio, las soluciones y materiales técnicamente más avanzados, su diversidad, la aplicación de las más exigentes normativas de calidad y seguridad europeas, incluidas las recomendaciones de Secotec al conjunto de la obra y a los cerramientos en particular, supuso durante dos años una estrecha colaboración con la Dirección Facultativa para adecuar cada una de sus propuestas formales a la solución constructiva que mejor se adaptara a las posibilidades de desarrollo, fabricación y montaje.

Evidentemente la magnitud de la obra exigió la construcción de varios prototipos con sus sucesivas validaciones, desde los modelos de taller hasta los que se montaron a pie de obra, y en los propios forjados del edificio para verificar el comportamiento del vidrio y diferentes remates y componentes como los mencionados especialmente para el tratamiento del fuego.

Rehabilitación.

En el año 2012, veinte años más tarde de su puesta en marcha, el edificio fue remodelado parcialmente por Jordi Badía-BAAS, como muestra de la calidad y de la idoneidad de las soluciones adoptadas por Fargas en 1992, se han mantenido, los mismos sistemas originales

en todos los cerramientos ligeros, a excepción de dos modificaciones parciales. En el lucernario se sustituyeron los vidrios de la cubierta, el frontal y los laterales del tambor, para mejorar el comportamiento energético. Los vidrios son ahora aislantes, con capas selectivas de control solar, gran transmisión luminosa y de baja emisividad, mejorando el control solar con serigrafía en la cara #1 del vidrio.

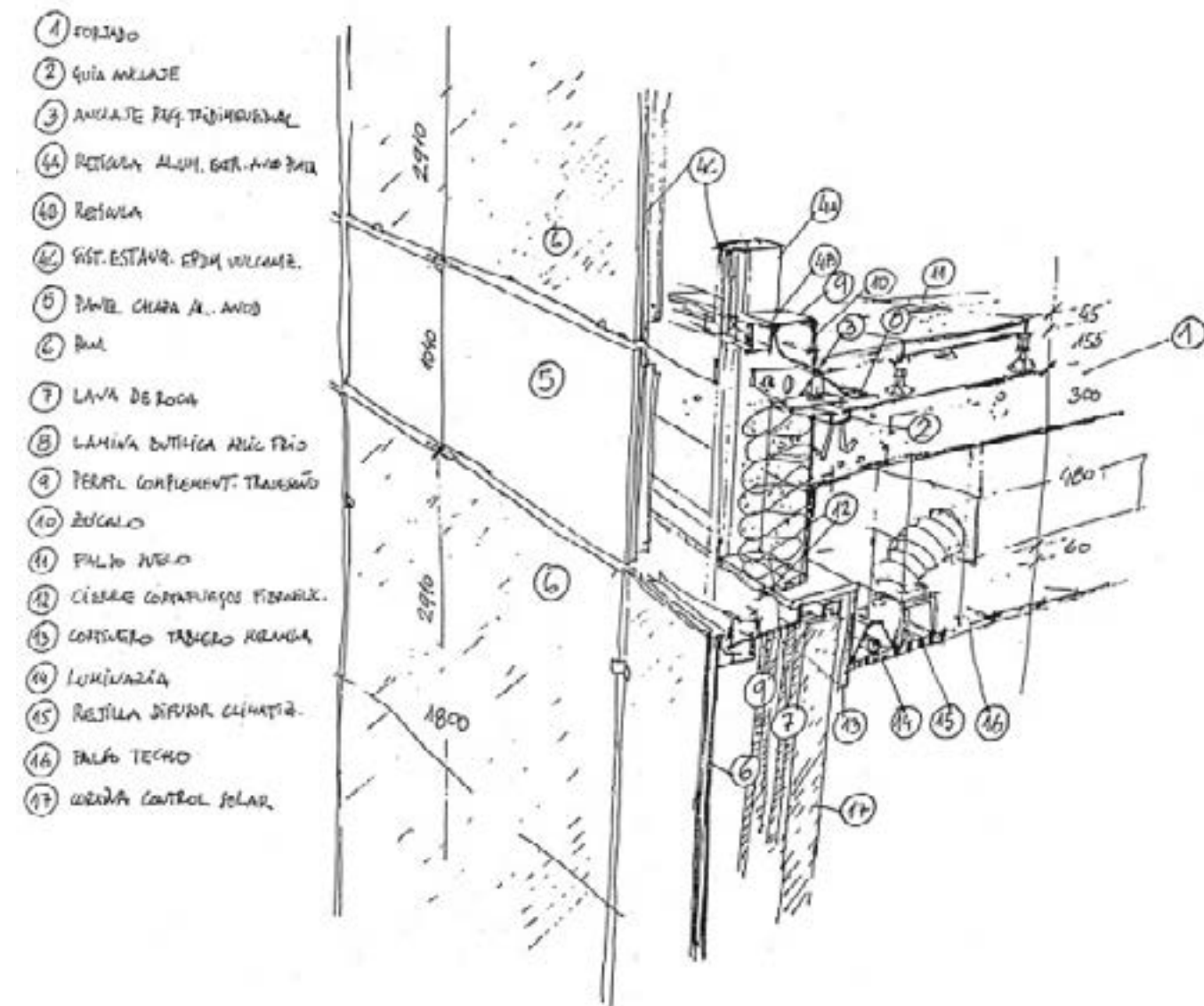
El otro cambio, fue la sustitución del vitral artístico, por vidrios incoloros de las mismas características y sistema de fijación. Con ambas actuaciones, además de reducir las aportaciones de energía directa y mejorar el aislamiento térmico de la cubierta de vidrio, se mejoró la iluminación natural del atrio y la de los espacios perimetrales que se vuelcan al espacio interior. El objetivo fundamental de la intervención fue mejorar la eficiencia energética del edificio y conseguir la certificación LEED.

Temas destacados en obra original 91-92:

- Obra de gran magnitud con desarrollo integral y construcción por la industria local Biosca Fachadas Ligeras.
- Ingenierías de cálculos de componentes y patentes italianas Systema ALL-GLASS.
- Sociedades de control para obtención seguro decenal, SECOTEC de matriz francesa.
- Muro cortina SG con desarrollo y mejora de nuevos perfiles del sistema de fachada.
- Pre-guías de anclaje embebidas en el forjado y anclajes especiales.
- Primera obra con Cool-Lite de Saint-Gobain, templado de gran formato.
- Primera manifestación el fenómeno de las inclusiones de sulfuro de níquel.
- Prototipos de fachada instalados en taller y evolucionados en obra.
- Ensayos de impacto de cuerpo duro y blando en taller, para verificar la resistencia y comportamiento como barandilla.
- Ensayos de prestaciones en laboratorios oficiales de Italia.
- Cortafuegos con Placas de fibrosilicatos, adaptados a al NBE-CPI-91.
- Desarrollo de la primera vidriera con sistema VEA de gran formato.
- Desarrollo técnico de la primera vidriera artístico de 500 m², grabado al ácido y adhesivos especiales para vidrios de color.
- Desarrollo de forros de los conductos de clima con composite de resinas y FG.

Temas destacados de la rehabilitación parcial de la obra por parte de Jordi Badía-BAAS, 2012:

- Reflexión de las estrategias de ahorro energía.
- Reflexión acerca de la durabilidad de los modelos.
- Verificación y conformidad del estado de los muros cortina.
- Sustitución de la perfilera y de los acristalamientos del lucernario de 2500m².
- Desmontaje del Vitral artístico y sustitución por vidrios incoloros sin tratamiento.



11.2.2. Estudio de caso nº 2. Diagonal 682.

Av. Diagonal de Barcelona.

Eduard Gascón-TAC Arquitectes 1997.



Criterios generales del diseño de las fachadas.

El proyecto "Diagonal 682" de Barcelona, contempla la rehabilitación integral y adecuación de un edificio de quince plantas para hacerlo competitivo en los estándares de calidad de la Diagonal de Barcelona. El cambio de imagen de la obra se puede aún hoy comparar con los otros dos de la misma operación urbanística en la que uno de ellos mantiene la configuración del 1988 y sigue siendo de oficinas y el otro se construyó como edificio residencial.

En palabras de su autor Eduard Gascón en la memoria del proyecto “El edificio presenta este tratamiento genérico en tres de sus lados, pero introduce un motivo excepcional en su fachada a la avenida Diagonal. Este motivo consiste en una sucesión vertical de planos inclinados de vidrio que abarcan toda la altura de la planta y muestran el intento ideal de abrir la torre a esta importante arteria urbana. Este recurso podría compararse con el de los templos “in antis” del mundo griego, en los que los muros laterales enmarcan, a través de las antas, una gran abertura situada en la fachada corta”

La fachada existente del edificio se desmontó y se sustituyó renovando completamente la imagen y mejorando las prestaciones. Se reforzó la estructura para permitir el montaje de un muro cortina típico fijado a los nuevos cantos del forjado. Se construyó por delante de los pilares para regularizar la geometría del borde y ocultar la antigua disposición de la misma. Este edificio se construyó en la primera versión para ser destinado a viviendas y finalmente el cambio de uso a oficinas.

Tratándose de la remodelación de un edificio existente se respetaron los volúmenes básicos resultantes de una planta rectangular regular con núcleo central de ascensores y escaleras.

Criterios de proyecto.

El edificio se puede descomponer en altura, en tres tramos según los niveles de los que se trate. La planta baja con un tratamiento diferente tiene los accesos al vestíbulo principal, a los locales comerciales y al aparcamiento.

El cuerpo central del edificio con las trece plantas tipo resueltas con muro cortina y por último la coronación con la celosía del quitavistas del volumen técnico.

Para las plantas tipo del cuerpo central, en el proyecto básico, se presentaron dos propuestas diferentes, una de ellas con fachadas aplacadas de piedra y ventanales acristalados y otra mucho más transparente resuelta mediante fachadas ligeras.

La fachada Diagonal era similar en los dos proyectos que se propusieron, resuelta con fachadas acristaladas en su totalidad. Se optó, por un edificio con fachada ligera de aspecto muy transparente, vidrios poco reflectantes y de color claro.

En la propuesta realizada la modulación de la fachada vertical viene impuesta por la distancia entre forjados, que obviamente no se ha modificado dando como resultado una trama muy regular de módulos iguales siendo dos tramos de visión (1.0 +1.0m) y uno de panel ciego (1.0m) en correspondencia con el paso del forjado.

El panel ciego, permite ocultar los refuerzos de la estructura, el sistema de placas de la sectorización de incendios y las instalaciones eléctricas y de climatización.

Se optó por una fachada acristalada en su totalidad, completamente plana, destacando la componente horizontal del alzado, mediante unos perfiles en forma de ala de avión, diseñados especialmente para esta obra.

Al optar por un vidrio de visión de apariencia incolora se solucionaron los paneles de antepecho con un acristalamiento integrado en el panel y en la retícula del muro cortina.

La destonificación habitual entre paneles ciegos y vidrios de visión se evitó en este caso mediante vidrios incoloros serigrafiados en caliente con una trama color blanco.

La fachada del frente sur, inclinada aproximadamente 17 grados hacia el exterior del edificio, se compone de cerramientos acristalados y de paneles ciegos en chapa de aluminio.

El vidrio de visión tiene aproximadamente el triple de la altura de los vidrios de la fachada vertical (2,80m) y el panel exterior de chapa colocado perpendicular a los acristalamientos (1m) oculta también los apoyos estructurales, los cortafuegos y las instalaciones.

Criterios de proyecto en las soluciones de fachada.

En los criterios de diseño de los cerramientos se ha considerado la fachada como un único elemento complejo. Por tanto se estudia además de las perfilierías, sus secciones, los acristalamientos y sus características la protección de la cortina, la climatización y su disposición respecto del plano de fachada etc.

Se debe plantear la globalidad de las soluciones desde el extremo del perfil de ala de avión hasta el cortinero interior con los chapados de enlace con el falso techo que contienen la luminaria interior.

De los componentes de los muros cortina se ha contemplado las características individuales y su resultado en conjunto para, optimizar las prestaciones, especialmente, del vidrio atendiendo a los siguientes criterios:

- Volúmenes de los perfiles para control solar.
- Visión directa y nítida del exterior sin filtros fijos.
- Visión nítida del exterior sin vidrios tintados que modifican el color y la transparencia.
- Pérdida de luminosidad a través de vidrios tintados o baja transmisión luminosa, para máximo nivel de iluminación en el interior.
- Máximo ahorro energético debido a las aportaciones térmicas internas por uso de la iluminación artificial. Transparencia debido a los tejidos de protección adecuados.
- Reducción de la radiación solar debido a la sombra de los chapados y de la inclinación de los vidrios.
- Aportes térmicos a través del acristalamiento, considerando las ganancias debidas a la radiación solar.
- Pérdidas de energía a través del acristalamiento, considerando las pérdidas debidas a la transmisión del vidrio.

- Aportes térmicos a través del acristalamiento considerando las ganancias debidas a la radiación solar.
- Aportes térmicos a través del acristalamiento considerando las ganancias debidas a la transmisión del vidrio.

Características generales de los acristalamientos.

Aspecto neutro y baja reflexión, con equilibrio entre alta transmisión luminosa TL, y buen factor solar FS. Valores de coeficiente “U” del doble acristalamiento lo más bajo posible. Transparencia interior-exterior.

Baja absorción energética para evitar templados de los vidrios de visión. Acristalamiento doble aislante, composición 4+4/12/5mm formado por: Luna exterior de capas, Ariplak DAG-66/38 de Ariño de espesor 4mm laminada con butiral de polivinilo incoloro a luna flotada incolora de 4mm.

Cámara intermedia de aire deshidratado de 12mm el sellado de la segunda barrera de estanqueidad del doble acristalamiento se realizará con silicona. Luna interior flotada incolora de 5 mm la luna de control solar, de aspecto incoloro y levemente reflectante tiene un 66% de transmisión luminosa TL y un factor solar FS de 0.38; con el conjunto se obtiene un coeficiente U de 1.61 W/m².

En el año 96-97 se desarrollaron por parte de la industria del vidrio, y especialmente por Ariño Duglass, los denominados vidrios de capas que conjugaban un muy buen índice de selectividad, lo que significó un vuelco en la concepción de las fachadas que por primera vez rompían la relación directa entre protección solar, reflexión y oscuridad. La obra de Diagonal 682 fue la primera vez en la que se aplicaron los vidrios de capas de TL66 para una obra de gran envergadura en España.

Consultoría de fachadas.

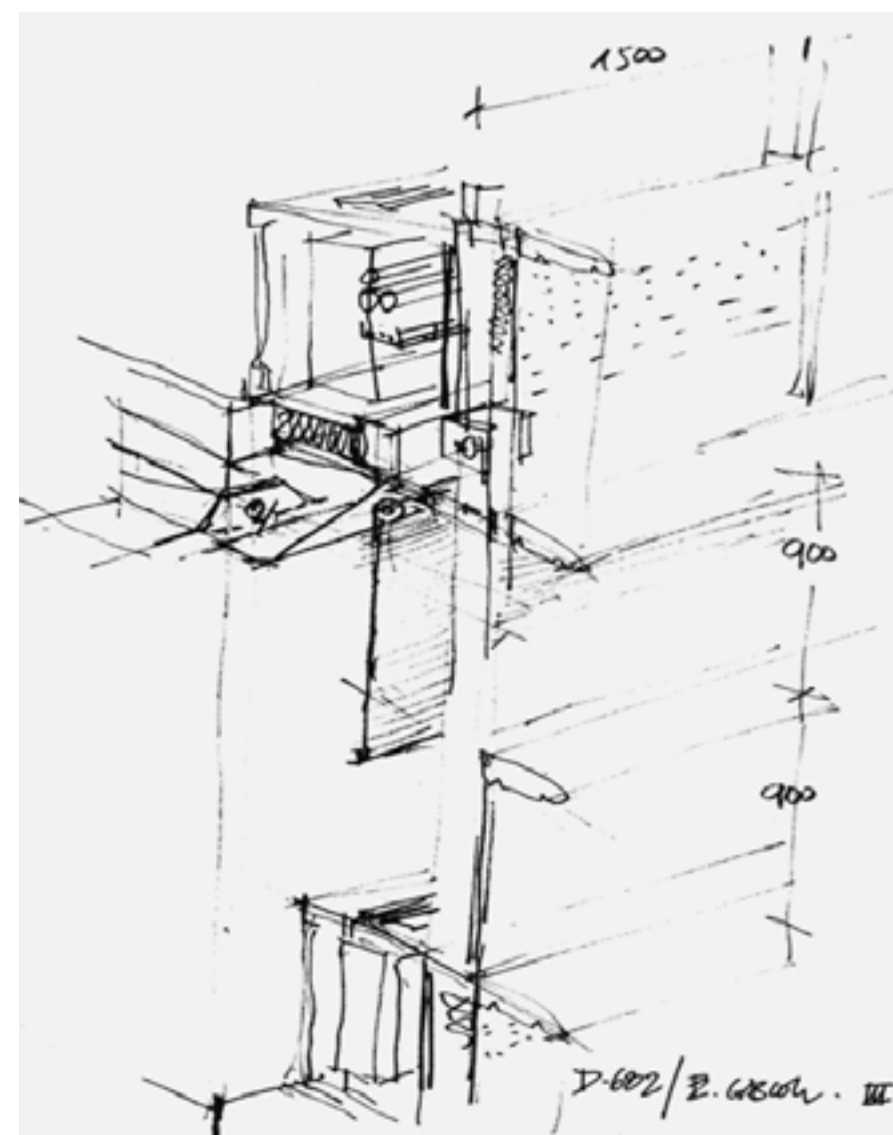
Al inicio del proyecto Eduard Gascón, el arquitecto de la obra, pidió la colaboración de Biosca Fachadas como industrial fachadista para desarrollar las soluciones del edificio. Esta colaboración inicialmente “desinteresada” para la posible contratación de la obra por parte del fachadista, era el método habitual de trabajo que aún hoy el mercado admite.

Tras meses de trabajo con esta fórmula las circunstancias cambiaron y se acordó la profesionalización de la relación del especialista con el autor. Gascón, quien había estado trabajando durante años en el estudio de Pei Cobb Freed & Partners en Estados Unidos, propuso el pago de honorarios por un servicio de consultoría que habitualmente era a riesgo. En 1997 se inicia por tanto un cambio de paradigma y aparecen por primera vez los servicios profesionales de técnicos especializados en fachadas, de igual forma que ya existían en la consultoría de estructuras e instalaciones.

Temas destacados:

- 1998 Primera obra de consultoría de fachadas en España.
 - Rehabilitación de edificio de dieciocho años de antigüedad.

- Rehabilitación integral del edificio, idéntico a otro que todavía hoy sigue en funcionamiento con la configuración original.
- Incremento notable de la superficie de las oficinas.
- Muro cortina Stick.
- Desarrollo de perfiles de ala de avión de gran sección 190x50mm.
- Primera obra de gran dimensión con acristalamientos selectivos DAG 66-38.
- Petos opacos + Serigrafías.
- Solución de cortafuegos integrado en la retícula del muro cortina con refuerzos envainados en el alma del perfil e integrados con el anclaje.
- Solución peto ignífugo integrado en sección opaca de la fachada inclinada de gran eficiencia para la evacuación de humos y la protección del paso del fuego de una planta a otra.
- Prototipos a escala real en obra del módulo de esquina combinando las dos fachadas, vertical e inclinada.
- Rehabilitación, reflexión acerca de la durabilidad y obsolescencia de los modelos de fachada.
- Reflexión acerca de las estrategias de ahorro energía.
- Chapados perforados en quita-vistas de la cubierta.
- Integración de la estrategia de iluminación en la fachada principal.



11.2.3. Estudio de caso nº 3. Torre Agbar.**Barcelona 22@.****Ateliers Jean Nouvel y b-720 Arquitectos - Fermín Vázquez.**

La Torre Agbar, es un edificio singular destinado a oficinas. Una torre de 144 metros de altura, proyectada y construida para Barcelona. Tiene construidos 34.600m², distribuidos en treinta y cuatro plantas. Con 35.000m² de fachada, resuelta como una fachada multi-funcional o de doble piel.

Se optó desde el principio por este tipo de construcción por su flexibilidad y altas prestaciones, consiguiendo básicamente, control energético y lumínico, ventilación natural, alto grado de atenuación acústica, adecuación a diferentes orientaciones y necesidades.

La fachada está concebida con dos sistemas de construcción diferentes, para los dos tramos, el fuste y la cúpula respectivamente de 100 y 44m de altura.

En las veinticinco primeras plantas, la fachada está formada por un muro de hormigón con cuatro mil trescientos cincuenta huecos con ventanas fijas y aproximadamente mil quinientas unidades practicables, siguiendo una composición de inspiración fractal. A cada hueco, unas ciento veinte ventanas por planta, le corresponde una ventana de las que 1/3 son practicables para ventilación natural directa. Las ventanas son de perfiles de aluminio con rotura de puente térmico, lacado bicolor de hoja oculta, el doble acristalamiento es incoloro, de alta transmisión luminosa, con capa magnetróica reflectante de baja emisividad, para disminuir las pérdidas térmicas y reforzar el aislamiento del doble acristalamiento.

El panel aislante de la fachada de lana de roca, está colocado en la cara exterior del muro de hormigón, protegido por las chapas de aluminio que son el acabado de la piel interior, dejando una cámara ventilada de unos 80mm. Los 9.000m² de fachada ventilada que forman la capa interior del cerramiento están forrados por chapas, onduladas curvadas y termo-lacadas con cuarenta y cinco colores diferentes.

El sistema de anclajes, rastreles y soportes de regulación tridimensional es convencional y sus perfiles de aluminio sirven tanto para la retícula de los chapados de aluminio como de los marcos de la carpintería facilitando así las tareas de replanteo y montaje.

A partir de la planta 26 el muro interior se transforma en una cúpula acristalada soportada por una estructura de perfiles metálicos generando una retícula exenta de grandes dimensiones, como si de un meriñaque se tratara. El cerramiento interior de la cúpula está formado por los perfiles estructurales de acero que a modo de meridianos y paralelos forman una trama de trapecios, que se rellena de módulos acristalados, basados en perfilerías de muro cortina modular, para adaptarse fácilmente a la poligonal de la geometría de doble curvatura de la cúpula.

Los módulos acristalados tienen doble acristalamiento de las mismas características que los de las ventanas del fuste, pero llevan dos tratamientos adicionales, serigrafiados en colores de gama azul y láminas intercaladas de la misma gama.

La piel exterior, es continua para todo el edificio y está separada unos 900mm de la piel interior. La estructura portante está formada por ménsulas de aluminio que soportan también las pasarelas de mantenimiento y los maineles de la fachada exterior. Esta envoltente está formada por 52.000 lamas de vidrio laminar de seguridad, con diferentes composiciones combinando serigrafías, impresos, vidrios extra-claros y vidrios convencionales, según las necesidades de proyecto. En función de la orientación geográfica, de las vistas desde el interior o inclinación respecto de la horizontal, se han distribuido para cubrir los 16.550 m² de la piel exterior. Cada lama de vidrio laminar de 1000 x 300mm está soportada por dos perfiles de aluminio en los lados cortos, pegados con silicona estructural que se fijan a los maineles con pletinas que permiten la colocación en los diferentes ángulos. Las lamas de la cúpula se han dispuesto con combinaciones de inclinación, color y porcentajes de serigrafía para adecuarse a la orientación y posición de cada una de ellas, en función de las necesidades de protección de la radiación solar.

Entre ambas pieles, interior y exterior, se genera un canal de aire que permite mejorar las prestaciones del conjunto, combinando las características de cada uno de los cerramientos.

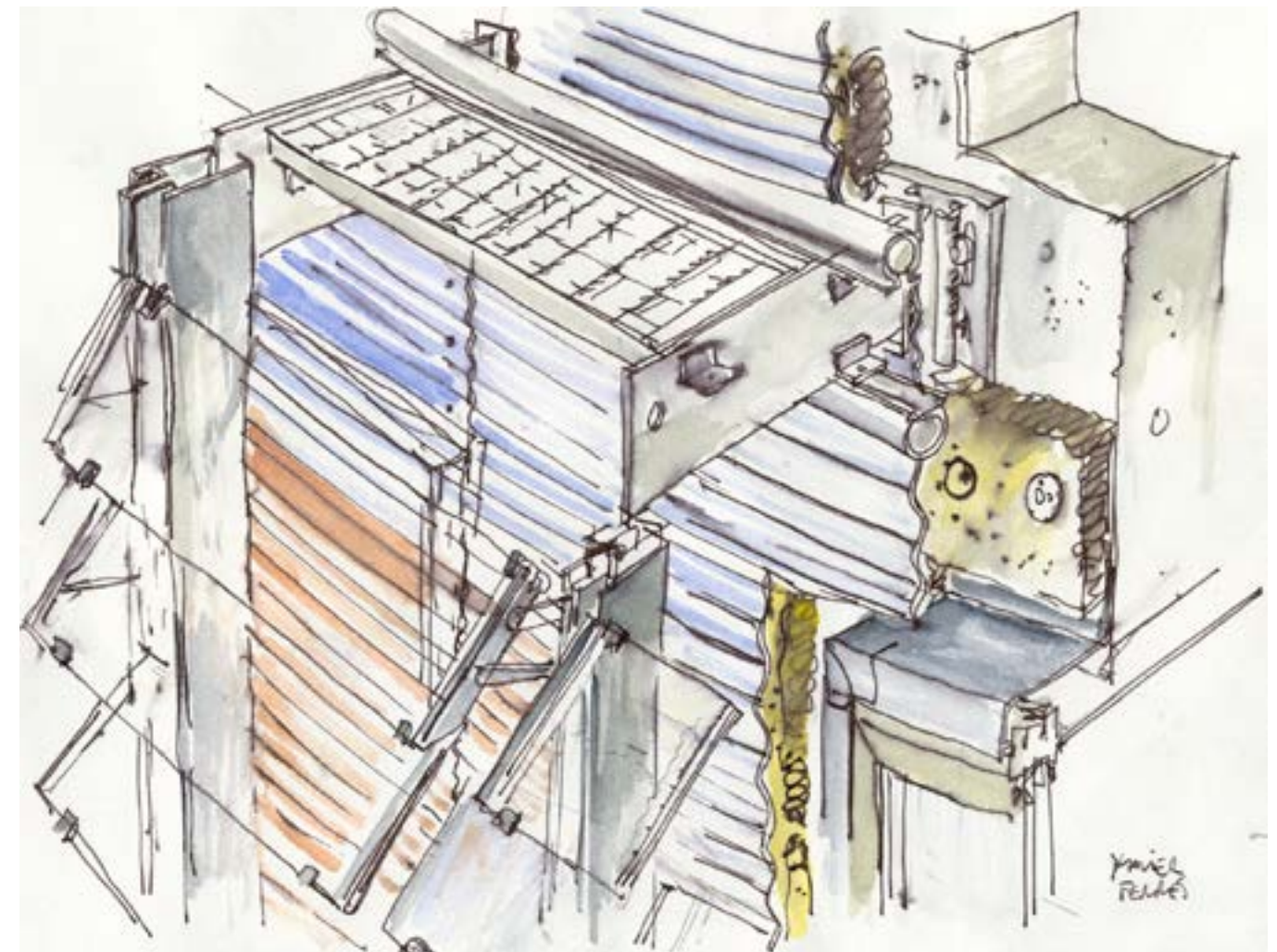
Ambas soluciones completamente diferentes en cuanto a su manera de construir, son de apariencia homogénea y por tanto está claramente conseguido el objetivo de proyecto, con la variación de tonos y colores del “bardage” interior y del muro cortina interior, que conserva la unidad con una hábil secuencia de los elementos de transición y la característica doble piel de lamas que le da unidad a toda la torre.

Por la noche la disposición de luminarias de LED-RGB que proyectan luz de colores similares hacia las chapas de la piel interior o los vidrios del cerramiento de la cúpula cambia radicalmente la imagen del edificio entre la noche y el día, manteniendo sin embargo la unidad y el concepto de la torre.

Temas destacados:

- Desarrollo proceso más completo con arquitectos e ingenierías y equipos de 6 países.
- Consultor de iluminación, color, etc.
- Modelo de gestión con empresas internacionales.
- Estudios de color de la fachada.
- Estudios de iluminación natural.
- Estudios de radiación solar en la parte tipo y en la cúpula.
- Estudios con la Universidad de Zaragoza, Facultad de Físicas.
- Estudios de CFD de la doble piel con el departamento termodinámica de la UPC-CTTC.
- Estudios de clima, con la consultora AXIMA.

- Desarrollo de sistema de fachada de doble piel de la fachada de hormigón.
- Desarrollo de sistema de fachada para cúpula.
- Serigrafías e inclinación de las lamas adecuadas a radiación solar.
- Prototipos de parte tipo y de cúpula en solar de obra.
- Prototipo de la parte tipo en la planta 23 de un edificio en construcción.
- Prototipo de ensayo de la piel interior.
- Prototipos de ensayo de las dos pieles.
- Ensayos de impacto, de vibración y fatiga.
- Ensayos en laboratorio del fachadista y en obra.
- Silicona estructural para fijación de las lamas de la piel exterior.
- Prototipos de la parte tipo y de la cúpula, en obra y diferentes emplazamientos.
- Construcción modular.
- Geometría compleja.
- Fachada de doble piel.
- Rascacielos de 143 m de altura.
- Integración de la estrategia de iluminación en la fachada.
- Desarrollo de geometrías complejas.



11.2.4. Estudio de caso nº 4. Edificio de Oficinas Génova 27. Génova 27, Madrid.

Estudio Lamela. 2003-2006.



La primera versión de las fachadas del edificio de Oficinas de Génova 27 de Madrid fue proyectada también por Estudio Lamela. En aquella ocasión, en 1973, Antonio Lamela en plena crisis del petróleo buscando ventilación natural a través de los ventanales corridos y autoprotección, optó por una solución de fachada en la que la geometría y la disposición de los cerramientos acristalados impedían absolutamente la incidencia de la radiación solar directa en el interior de las oficinas.

El edificio en forma de L se adapta a la esquina y tiene un patio interior de grandes dimensiones. En su origen tenía su continuidad en la esquina de la Castellana, formando el zócalo de las dos torres de Colón que aun hoy en día se conserva.

La fachada con sección en zigzag estaba compuesta por un sistema de premarcos a los que se acoplaban por una parte los paneles de cierre y aislamiento en el interior, y en la cara exterior unas chapas de aluminio conformado y anodizado. En un plano inclinado hacia el exterior había unas ventanas de aluminio basculantes de eje horizontal con acristalamiento de control solar.

En el año 2003 un cambio de propiedad provocó la remodelación integral del edificio. La propuesta de Antonio y Carlos Lamela consistió en reformular la fachada haciendo en un “restyling”, mismo concepto al que tan habituados estamos en el mundo de la automoción. La sección en zigzag cambio sus proporciones y posición, quedando la mayor parte de la fachada con vidrios de visión y los antepechos opacos. Este gesto permitió fundamentalmente dar una nueva imagen al edificio, mejorando las condiciones de habitabilidad y de control solar. La fachada mantuvo su gálibo exterior y por tanto permitió ganar espacio habitable en el interior, al que habría que añadir el obtenido por la eliminación de los equipos de clima situados en el perímetro. La fachada interior también se sustituyó, en su caso por una fachada con los mismos materiales proporciones pero completamente plana.

Prefabricados Metálicos Umanan fue la empresa que construyó los cerramientos en el 1974. Curiosamente en la portada del catálogo de la empresa vasca hay una imagen en la que se puede ver el prototipo de fachada que ordenó construir Antonio Lamela. El modelo a escala real se montó en las instalaciones de la fábrica en Usansolo, y fue visitada por Carlos y Antonio Lamela, circunstancia nada habitual en el procedimiento de validación de la técnica y la forma en aquella época. Conviene recordar que la definición técnica por parte de los arquitectos en los años 70 se hacía mediante secciones generales, normalmente a escala 1:50. Los departamentos técnicos de la industria desarrollaban completamente el proyecto de construcción basándose en unos pocos detalles y las indicaciones del arquitecto.

Treinta años más tarde después de un proyecto completo, se utilizó el mismo procedimiento para validar la nueva propuesta con el montaje de las dos fachadas del edificio, tanto la exterior como la del patio.

El nudo de la fachada, igual que en la versión original, contiene todos los elementos de soporte, cortafuegos, aislamiento térmico y acústico y anclaje del cerramiento acristalado. A diferencia de la versión del 74 con ventanales corridos, la remodelación del 2003 se construye con perfiles de muro cortina de Schüco FW50+SG, de modo que el acristalamiento queda fijado a la retícula mediante las piezas de soporte instaladas en el canto del doble acristalamiento entre las dos lunas. Este modelo de muro cortina no tiene ningún elemento de retención visible, creando un único plano continuo. Por su disposición en el plano inclinado hacia el exterior, la geometría de la fachada obliga a tener vidrios de desarrollo troncocónico en las esquinas y los encuentros con las medianeras de los vecinos. Por su parte, los paneles de composite de la zona de paso de forjado son de doble curvatura.

En cuanto a los componentes del cerramiento, como se puede apreciar en los detalles constructivos y en los croquis, hay una estructura tubular de acero empresillada en el zuncho del forjado de hormigón. Esta soporta todos los elementos de cierre, de aislamiento térmico, cierre acústico entre plantas, cortafuegos vertical e inclinado, láminas de butilo para la estanqueidad al agua y al aire, además soporta el anclaje de la retícula del muro cortina. Por encima de los paneles hay un composite de aluminio y polietileno acabado gris metalizado con

pintura PVDF.

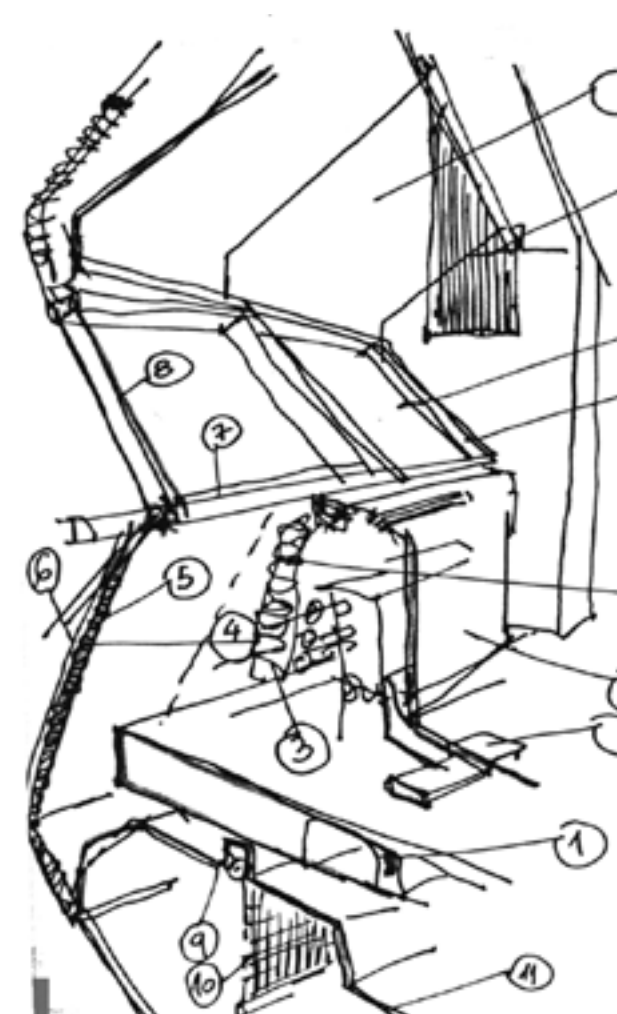
El revestimiento tiene doble curvatura y pliegues longitudinales para la rigidización y fijación en la subestructura de soporte. Esta pieza fue estampada en los talleres de LOBECOR, empresa especializada en la ingeniería de la chapa fina de con superficies complejas y altas exigencias dimensionales. Se hicieron numerosas pruebas del dimensionado de las chapas, de los moldes y del proceso de prensado; y se investigó acerca de los espesores de la chapa y del material adecuado para conseguir que la deformación de la misma mediante técnicas de embutición por el efecto de la prensa, fuera el que se adaptara a la geometría de proyecto.

El corta-fuegos entre plantas de 1m de altura es una interpretación de la norma CPI91, la vigente en ese momento. La configuración del peto ignífugo con planos inclinados funciona correctamente como quedó demostrado en el análisis y evaluación posterior de uno de los estudios de caso de la Tesis doctoral de Pilar Giraldo acerca del comportamiento del fuego y la protección contra incendios de diversas tipologías de fachadas.

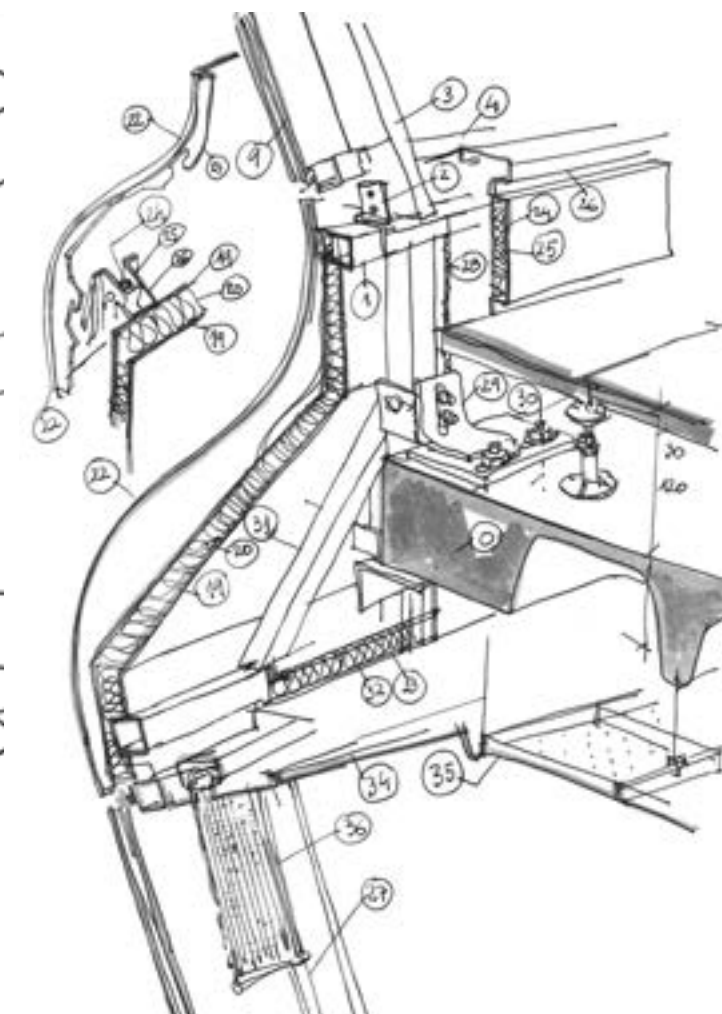
Los acristalamientos aislantes, con cámara de alta transmisión, luminosa y muy bajo factor solar combinados con la inclinación dan como resultado un excelente comportamiento energético de la fachada y del global del edificio.

Temas destacados:

- Rehabilitación integral, del edificio obra del mismo autor Antonio Lamela.
- Restyling de la fachada.
- Incremento notable de la superficie de las oficinas.
- Dos fachadas diferentes para fachada interior y exterior.
- Mejora de las condiciones de habitabilidad, TL y superficie acristalada.
- Ensayos.
- Prototipos, evolución hasta solución definitiva.
- Prototipos mismo modelo que en año 1974 fabricado por Umaran.
- Reflexión de las estrategias de ahorro energía.
- Solución peto ignífugo integrado en sección opaca.
- Vidrio de altas prestaciones con curva y tazado cónico.
- Composite con embuticiones con prensa de doble curvatura.



Esquema de la sección antes de la intervención.



Esquema de la sección después de la intervención.

11.2.5. Estudio de caso nº 5. Hotel Torres Porta Fira y edificio de oficinas.

Plaça Europa de L'Hospitalet, Barcelona.

Toyo Ito& Associates Arch.-b-720 Arquitectos-Fermín Vázquez.



El proyecto consta de dos torres de 110 metros de altura con un zócalo común que las conecta. Una torre se destina a uso hotelero y la otra a oficinas, el zócalo acoge las áreas destinadas a vestíbulos, usos comunes, zonas de restauración y de ocio. El gálibo obligatorio para todo el complejo de plaza Europa es de 25x25m. Los dos edificios deben entenderse como un conjunto en el que el hotel, inspirado en la flor de loto, es el protagonista. El edificio de oficinas es un volumen de hielo, que contiene una forma similar a la del hotel, del que se ha seccionado verticalmente una capa para mostrar su interior.

El hotel se plantea con una planta trilobulada que gira sobre sí misma y que, según va ascendiendo, rota y se traslada con respecto de su eje vertical al tiempo que, a partir de cierta altura, crece hasta abrirse como una silueta vegetal.

La organización típica de un rascacielos de planta circular tiene un núcleo central en el que se encuentran los ascensores, montacargas, zona de servicios y escalera de emergencia, alrededor del cual se disponen todas las habitaciones de forma radial.

Debido a la dificultad de la composición geométrica del edificio, la fachada se ha dividido en dos capas. La interior es un cerramiento estanco a base de una solución ligera de muro cortina modular con perfiles de aluminio y vidrio en las zonas de visión y paneles opacos en el resto, ideada para garantizar los requerimientos acústicos, térmicos y de estanqueidad.

La fachada exterior se plantea como una envolvente que otorga textura y forma a la torre. Su piel se compone de tubos independientes de aluminio sujetos por sus extremos mediante rótulas para permitir la torsión deseada, en la que los 12.500 tubos forman líneas continuas desde el suelo a la coronación. Cabe destacar que además dicha piel tiene una gran importancia como elemento de protección solar ya que reduce en el 50% la radiación directa sobre el plano interior de la fachada.

La retícula interior del modular utiliza sus posibilidades de adaptación al trazado poligonal de cada una de las plantas, todas ellas diferentes. Tratándose de un cerramiento entre forjados el sistema tiene un perfil horizontal superior y otro inferior que permite el cierre estanco al ajustarse los módulos del muro cortina como si de un marco y una hoja de un gran ventanal se tratara. El sistema de soporte de los marcos consiste en un apoyo en el anclaje inferior y el anclaje superior se desliza hasta el forjado.

El montaje de la obra se realizó sin andamios exteriores, por tanto el muro cortina quedaba completamente rematado desde el interior. Los módulos opacos se resolvieron mediante un panel sándwich formado por una chapa de aluminio lacado exterior, un aislamiento de lana de roca y una chapa de acero galvanizado en el interior. Para completar las prestaciones de aislamiento térmico, acústico y de protección al fuego, por la parte interior del cerramiento de fachada, se colocaron los paneles de lana de roca o de fibrosilicatos según el caso.

La piel exterior de la fachada, compuesta por tubos de aluminio lacados de color rojo, de 110mm diámetro, 1,7mm de espesor y aproximadamente 3,80m de longitud, se colocaron cada 110mm, de modo que la superficie ocupada es del 50% del total. El sistema de anclaje es común a los módulos de la piel interior con un único replanteo. De dichos anclajes, con un sistema de pletinas y cartelas para el ajuste fino adaptado al desarrollo de cada una de las plantas, se soporta unos pasamanos que incorpora los anclajes del sistema de fijación inferior y superior de los tubos. El sistema de fijación se compone de unas rótulas esféricas, adaptadas de la industria del automóvil, que debían permitir el desplazamiento libre para adaptarse a los desplomes e inclinación de cada uno de los tubos, combinación de ángulos que no se repite en ningún caso de toda la obra.

En los extremos de los tubos se colocaron unas mechas de polietileno torneado que permitían la unión con las rótulas y hacer que los tubos estuvieran claramente articulados en ambos extremos.

El tubo apoya en el anclaje inferior mientras que la mecha superior es deslizante, permitiendo la dilatación y los asentamientos de la estructura y de los tubos sin que estos entren en carga.

En el caso de las interrupciones por las ventanas de las habitaciones del hotel los tubos quedan fijados con un sistema de pletinas que los vincula a los tubos contiguos de cada hueco. Para evitar las consecuencias de la fatiga de los anclajes debida a las turbulencias del viento se montó un sistema de amortiguadores de masa sintonizada (TMD), estabilizadores aerodinámicos para atenuar las vibraciones del tubo que se transmiten a los anclajes.

El sistema de montaje sin medios auxiliares desde el exterior ni desde el interior obligó a montar en primer lugar la piel exterior de tubos desde el interior del edificio, y a continuación los paneles de cerramiento vertical, que debido a su ligereza, también se colocaban a mano.

Las partes fijas de las zonas de visión de la fachada interior se resolvieron con perfiles de muro cortina modular de aluminio, de color negro mate y con rotura de puente térmico. Se acoplaron a la retícula, según los casos, los módulos acristalados practicables contruidos también con perfilaría de aluminio con RPT, en este caso de ventanas con herraje oscilobatientes para tener acceso a la limpieza de las zonas de visión y ventilación directa en todas las habitaciones del hotel.

En el edificio de oficinas, con una geometría evidentemente más sencilla, el cerramiento acristalado entre plantas está basado en una construcción de muro cortina modular a toda altura. La protección solar del sistema y los cortafuegos, así como las pasarelas de mantenimiento, son aleros de hormigón que en realidad son voladizos del propio forjado de cada una de las plantas. Los marcos se suspenden del anclaje colocado en la parte superior. En la parte inferior el anclaje es un retenedor que limita los desplazamientos debidos a presión y succión. El sistema de estanqueidad inferior y superior se confía a perfiles continuos de aluminio y de EPDM con bandas butílicas.

En los módulos acristalados se colocó un doble acristalamiento aislante, de aspecto neutro e incoloro, con una mínima reflexión exterior y con una capa bajo emisiva y de control solar para reducir las pérdidas por conducción colocada en la cara 2, con vidrio laminar por seguridad por el riesgo de impacto en el interior e intercalario de color negro.

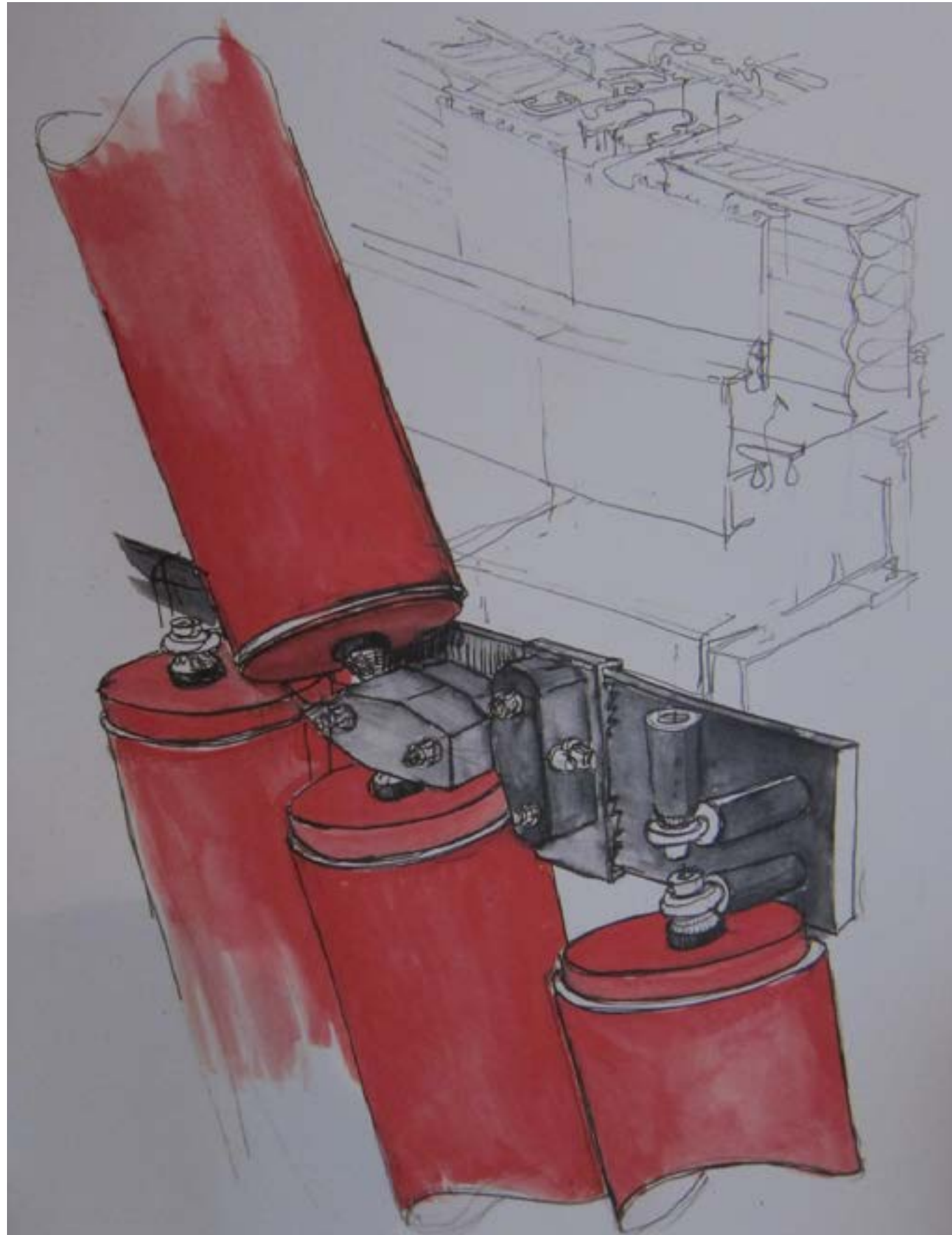
En el edificio de oficinas, la fachada este tiene un elemento especial con la intersección del núcleo interior y el plano exterior de la fachada. Se resuelve con un muro cortina modular convencional continuo por delante del forjado, que remata en los costados de cada planta con un tabique seco.

Para conseguir la forma alabeada se construyó el cerramiento con un sistema de paneles y mallas aplicadas con resina, que son la base del revestimiento de mortero coloreado que le da el acabado exterior.

Se construyeron prototipos de los diferentes sistemas de muro cortina que evolucionaron hasta ajustarlos al color, diámetro y densidad fijados por los arquitectos. En el mismo proceso de pusieron a prueba otros aspectos mecánicos de los anclajes y se ajustaron los sistemas de juntas hasta que los ensayos fueron conformes.

Temas destacados:

- Construcción modular.
- Ensayos.
- Prototipos.
- Obra nueva, reflexión de las estrategias de ahorro energía.
- Petos opacos.
- Tubos y sus fijaciones.
- Dos Rascacielos de 110 m de altura.



11.2.6. Estudio de caso nº 6. Filarmónica de Szczecin. Szczecin Polonia.

Estudio Barozzi-Veiga, 2010-2014. Premio Mies Van der Rohe de 2015.



La filarmónica completa una enorme parcela y está adosada a un edificio de composición clásica que es utilizado por EBV como referencia compositiva. La forma del conjunto de volúmenes del edificio evocan claramente la verticalidad de la torres, de los castillos o de los edificios de los centros históricos de muchas ciudades del centro de Europa.

El edificio alberga un programa complejo organizado alrededor de un espacio central espectacular, en el que se llevan a cabo diversas actividades como si de una plaza cubierta se tratara. El foyer articula a su alrededor la gran sala de conciertos para mil personas y la sala pequeña para 200, además de las de ensayos y otras dependencias. En la última planta, se encuentran las salas de exposiciones con espacios muy generosos que muestran con toda claridad la sección característica de las cubiertas y lucernarios.

En los alrededores hay parques con espeso arbolado y desde la distancia se entiende perfectamente la silueta del edificio, identificándose con claridad los volúmenes y la línea quebrada del perfil de las fachadas y las cubiertas. La composición de las fachadas y cubiertas se interpretan a diferentes escalas, del mismo modo que la percepción de la materialidad y su textura cambian con la distancia y el punto de vista.

Desde las primeras ideas del proyecto, se planteó una envolvente de color blanco, capaz de mostrar la actividad y de integrarse como un elemento urbano luminoso en la ciudad de Szczecin en Polonia.

En la obra se utilizan muy pocos recursos formales y es una muestra de la economía de medios expresivos, es una sabia combinación de elementos simples, como ocurre con la música y los volúmenes que lo conforman, se repiten con pequeñas variaciones, según sus propios autores “Como los tubos de un gran órgano.

La fachada de doble piel, construida con los mínimos elementos, sistemas y materiales, es fiel a los argumentos iniciales del proyecto, con permutaciones de secciones muy básicas en la que los detalles constructivos sorprenden por su simplicidad... El presupuesto limitado no permitía construir nada más que lo imprescindible y por tanto, los elementos para una construcción eficiente no serían válidos si no estuviesen directamente vinculados a la técnica y a las prestaciones del edificio.

Sus envolventes son un ejemplo de simplicidad, sin accesorios ni ornamentos, de los que se ha prescindido.

La piel exterior, es una variante de muro cortina típico, con perfiles de aluminio acoplados a la estructura de acero que forma el canal entre ambas pieles. El acristalamiento laminado y satinado traslúcido es de color blanco VANCEVA artic snow que caracteriza el edificio. Las fachadas blancas, a través de su diseño integrado con la estrategia de la luz, son un mecanismo de expresión de la actividad interior y una clara apuesta por la austeridad de los recursos.

La piel exterior es siempre la misma, el canal de aire y los elementos que lo componen son también los mismos y los cambios más importantes son en la piel interior, que tiene variantes desde muro portante de hormigón, con estructura metálica o grandes ventanales que permiten las vistas del entorno y el paso de la luz exterior. Está compuesta por un panel sándwich de lana de roca, acabado con una chapa de acero mini-onda lacada color blanco en la cara interior del canal, para que la luz emitida desde unos lineales de LED, colocados en vertical cree la atmósfera necesaria de esta masa de hielo tan singular.

El espacio entre las dos pieles permite, además de evitar el recalentamiento directo de las fachadas, proporcionar un excelente aislamiento térmico y acústico y en él se canalizan una buena parte de las instalaciones del edificio y las escaleras de emergencia, por otra parte, las pasarelas de la estructura interior también se utilizan como elementos para mantenimiento y limpieza.

El canal contribuye a conseguir las prestaciones necesarias de aislamiento térmico y acústico. Ambas pieles están vinculadas por la estructura de soporte de acero, que también incorpora las pasarelas de mantenimiento de la fachada y de los elementos de iluminación que caracterizan las fachadas del edificio. Las fachadas y lucernarios se han construido por la reconocida firma Folcrá, especializada en la fabricación y montaje de cerramientos acristalados para obras singulares.

Los perfiles de aluminio extrusionado perpendiculares al plano de la fachada de vidrio, son de gran sección y se acoplan en los perfiles que soportan el acristalamiento. La componente vertical de dichas

fachadas queda acentuada por la distribución y profundidad de las acanaladuras resultantes entre los perfiles rectangulares de gran volumen.

La cubierta se resuelve mediante un sistema multicapa compuesto por diferentes perfiles metálicos y placas para aislamiento acústico y confort térmico, que se adaptan perfectamente a la compleja geometría de la cubierta. Los valores que se obtienen según el caso son entre 54 a 67 dB de aislamiento acústico y $U = 0,18W/m^2K$, de transmitancia térmica, que es extremadamente baja.

Está compuesta por perfiles de chapas de acero formando bandejas para resistir los esfuerzos transmitidos a la cubierta, que permite alojar en su interior los distintos tipos de aislamientos y placas rígidas, perfiles en Z separadores y finalmente la chapa perfilada exterior que es el acabado de la cubierta. La empresa, especializada en construcciones metálicas y soluciones acústicas para envolventes ligeras “Monobi” fue la responsable de su construcción.

Como en todos los proyectos singulares, la fase de prototipos fue fundamental para la toma de decisiones y la verificación de las propuestas. Desde el proyecto la compleja combinación de pieles, estructura, pasarelas perfiles de gran sección y vidrios que forman la envolvente se planteó con una imagen claramente definida durante el día y con una estrategia de iluminación integrada en la fachada durante la noche.

Inicialmente la piel exterior de la fachada estaba concebida con un sistema de vidrio U-GLASS, por las acanaladuras y el formato típico del mismo, pero fue evolucionando hasta la solución final con perfiles de aluminio de gran sección.

Se hicieron modelos a escala de tramos pequeños de fachada para confirmar las proporciones y profundidad de la modulación vertical de la fachada.

A tamaño real y en obra se trabajó en la validación y ajuste de los sistemas de construcción con la técnica cuidada hasta el último detalle, para ser fieles al concepto inicial, a las envolventes a los sistemas y materiales que componen la envolvente. El resultado final resultó equilibrado en color y volumen, luz y textura, transparencia y masa.

El canal alberga las luminarias LED, de forma que la interacción de las dos pieles es un recurso lumínico clave, gracias a la translucidez de la piel exterior y a la reflexión de la piel interior, lo que caracteriza las fachadas del edificio y por tanto han sido claves en el éxito del proyecto.

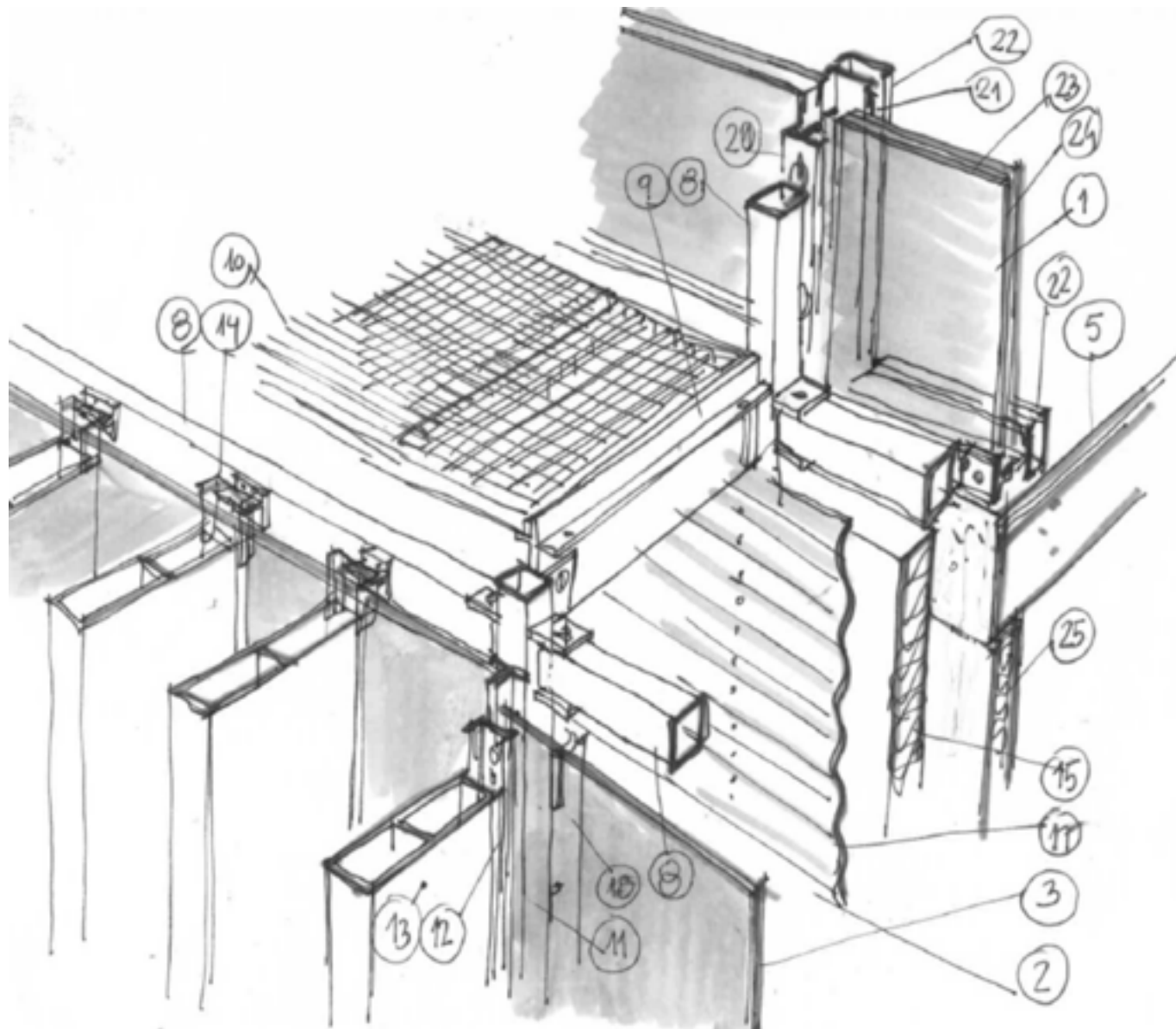
La trama de tiras de dot de LED RGB, colocada en la chapa de la piel interior crea una atmosfera sin sombras e ilumina uniformemente la fachada.

En el proyecto de iluminación de fachadas y de los interiores colaboró la consultoría de iluminación arquitectónica Anoché.

La fachada de doble piel cumple las funciones desde el punto de vista de la imagen del edificio y de los volúmenes que envuelve, la estrategia de iluminación uniforme sirve para crear una atmósfera uniforme de luz y color como si se tratara de grandes bloques de hielo tallados.

Temas destacados:

- Conceptos, muy elementales: Casitas de ciudad de Europa central, romper la unidad, tubos de un órgano, bloques de hielo esculpidos.
- Austeridad y pureza en medios y en materiales.
- Tres materiales, acero, aluminio y vidrio.
- Fachada de doble piel acristalada.
- Cubierta multi-lámina.
- Croquis de concepto de 6 tipos de fachadas con cuatro variantes de la hoja interior y del uso del canal entre pieles.
- Fachada resuelta con mínimos elementos y pocos detalles básicos.
- Prototipos en taller y obra.
- Evolución desde U-Glass a perfiles especiales de aluminio.
- Integración fachada-estructura-iluminación.



11.2.7. Estudio de caso nº7. Torre Puig.

Plaça Europa de L'Hospitalet, Barcelona.

Rafael Moneo-Lucho Marcial-GCA Arquitectes Associats.



Es un edificio exento de Planta Baja y veintiuna plantas tipo, además de tres destinadas a aparcamiento y servicios vinculados, bajo rasante. La planta del edificio, genera un volumen trapezoidal de base cuadrada de 27.5x27.5m. La orientación del mismo es norte-sur respecto al acceso de entrada al edificio.

El núcleo vertical del edificio es de 130m² con dos escaleras y cinco ascensores y alrededor del cual se organiza la planta.

El cerramiento de fachada se compone de una piel interior resuelta mediante muro cortina de construcción modular y una piel exterior denominada cinta, separada 90cm de la interior, a base de lamas de vidrio, inclinadas 15º respecto de la horizontal del edificio, y paralelas a la piel interior, formando un plano discontinuo entre zonas de visión y traslúcidas.

Las dos pieles se conectan entre sí mediante cartelas de aluminio de gran sección. La piel exterior sobrepasa el nivel de cubierta del edificio para poder ocultar las instalaciones y el volumen técnico. El Proyecto Ejecutivo se redactó y definió en base a un sistema de perfiles propios del constructor de la fachada, la firma italiana Permasteelisa. El cual se ajustó a los criterios de diseño del equipo de arquitectos.

La dimensión de los módulos de gran formato de 2.700 x 3.700mm de altura, siendo de 2.700 x 2.700mm para las zonas de visión y un panel aislante opaco de 1.000mm.

Así mismo se definieron en la fase de proyecto los diferentes acristalamientos de visión, panel de paso de forjado y piel exterior.

También se estudió el sistema de pre-montajes de taller, montajes in-situ de los accesorios de soporte de la doble piel y fases de puesta en obra tan ajustado en plazos como cuidado, para ello el proyecto ejecutivo se redactó en base a un sistema de fachada modular, lo que significa que los módulos salen fabricados en taller, completamente montados y acristalados, que se transportan a la obra, donde se acaba de ensamblar las cartelas de la piel exterior, y a continuación se colocan en su situación definitiva en la fachada, cerrando planta a planta.

Para la carga de viento, se aplicó el CTE, siendo la presión de viento de la piel interior 2.300Pa y de la piel exterior 2.600Pa. La normativa para determinar los espesores de los vidrios fue la ASTM y la tensión admisible del vidrio recocido es de 23,3MPa y la del vidrio termo-endurecido 46.6MPa.

La perfilera del sistema de muro cortina estructural de aluminio lacado Ral, tiene una profundidad de montante de 140mm y una inercia de 347cm⁴. Debido a las cargas de viento combinadas con las propias de la piel exterior, debido a su formato y excentricidad, la retícula de aluminio se apoya de modo bastante excepcional en un complejo sistema de anclajes fijados en los cantos de los forjados y también

en los pilares estructurales del edificio con un anclaje intermedio. Esto significó desde el inicio del proyecto una definición e integración de la modulación de fachada y de la estructura principal del edificio, situada en el perímetro del forjado.

El acristalamiento en zonas de visión es un Stopray clear visión de AGC, de 8mm termo endurecido/cámara de 16mm / y en el interior 5+5 extraclaro. El acristalamiento en paso de forjado es un Conforplus duritec templado 8t/20/6t opacitado de AGC. Las lamas de vidrio inicialmente debían ser PrismaSolar de Lambert 10/8mm laminadas con Vidrio 15mm templado con serigrafía al 65%.

Pero debido a las dificultades de fabricación, en la fase de prototipos se decidió cambiar el formato de la lama y sustituir el vidrio de sección prismática por el vidrio serigrafiado.

Las cartelas de soporte de la piel exterior, son de aluminio de 12mm de espesor, excepto las de los módulos de esquina que son en acero de 15mm de espesor. En los extremos de las cartelas se colocan unas piezas de fundición de aluminio a aluminio lacado, a los que se pegan con silicona estructural las lamas de vidrio.

En el paso de forjado, por detrás del doble acristalamiento opacitado se monta el aislamiento es de 80mm de espesor y 100kg/m³. Y en la cara interior, completando la altura del canto de forjado se colocan los paneles cortafuegos y el cierre entre plantas.

Los parámetros foto-energéticos básicos de los diferentes acristalamientos son vidrio de visión Transmisión luminosa, TL: 52%, RE: 38%, Factor Solar, FS 36% Con Valor U 1.3W/m²K y el vidrio panel opacitado RE 21%, FS: 33% con Valor U 1.4W/m²K.

En este caso, una de las cuestiones más destacada fue la trascendencia de la construcción de los prototipos. En un solar vecino se construyó el prototipo de tres plantas de altura que sirvió fundamentalmente para cuatro cuestiones, la primera verificar la viabilidad técnica y el comportamiento mecánica de las lamas de vidrio de la piel exterior que tal como se ha comentado acabó cambiando su formato y composición, inicialmente eran tres lamas de vidrio en cada módulo que se cambiaron por una única lama con un mejor coeficiente de forma, menos esbelto y por tanto con el funcionamiento adecuado a los requisitos de apoyo y soporte en los dos lados cortos.

La segunda para ajustar los colores de la retícula de aluminio, los serigrafiados de las lamas y los paneles de vidrio del paso de forjado para conseguir la máxima entonación con las zonas de visión, consiguiendo la máxima uniformidad.

La tercera de las cuestiones, como es habitual en los edificios con fachadas de doble piel, sirvió para verificar la transparencia y los efectos de reflexión, sombras proyectadas en el interior y visibilidad a través de las dos pieles.

La cuarta de las cuestiones y también fundamental fue ajustar la estrategia de iluminación del edificio, que tras varias pruebas se confió

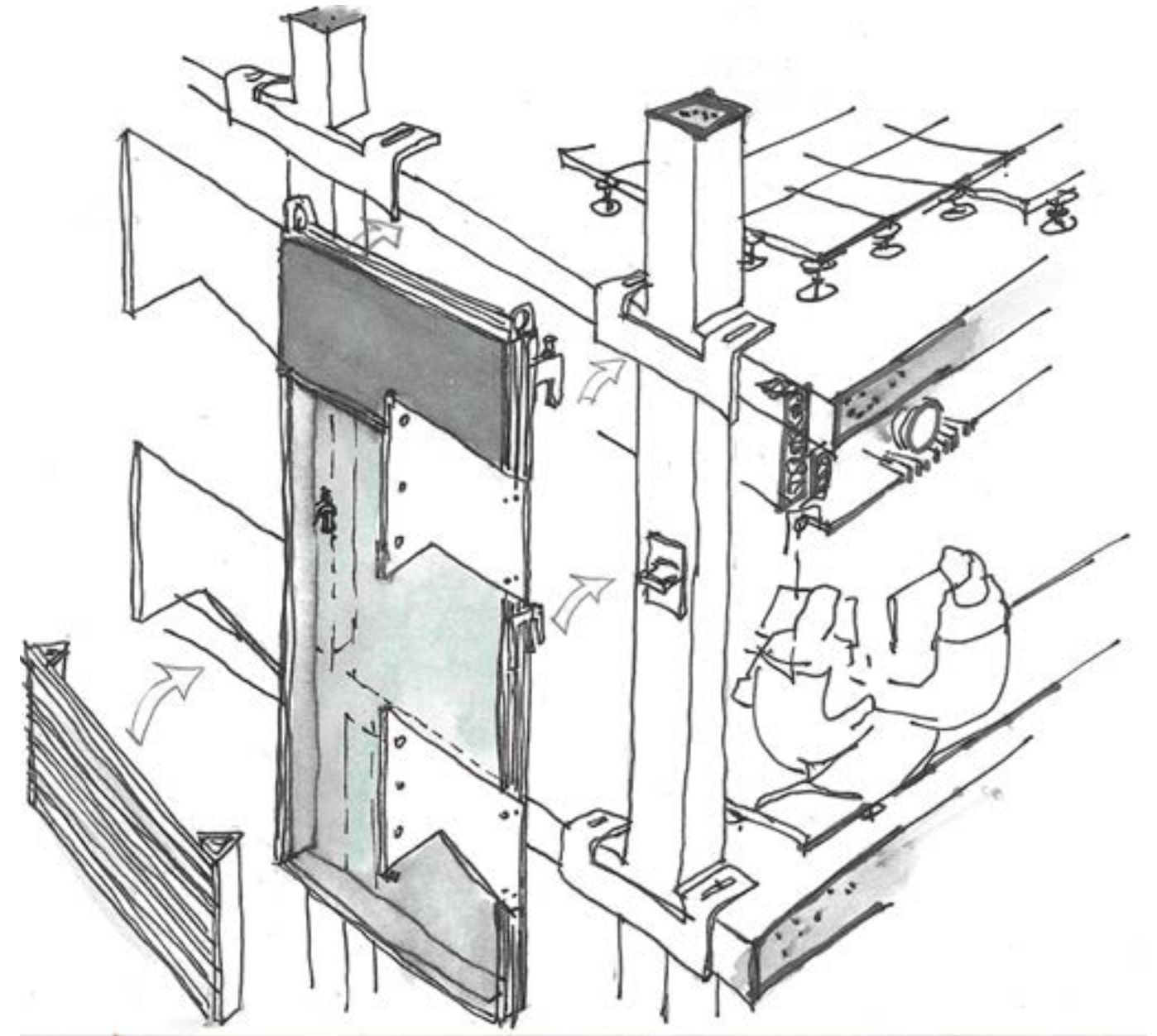
en luminarias lineales de LED, integradas en el travesaño inferior del muro cortina, de manera que la luz bañase la cortina interior del edificio consiguiéndose una distribución homogénea del plano de la fachada y de la cinta acristalada que forma la doble piel.

La configuración definitiva de la fachada y de sus componentes da como resultado un excelente comportamiento energético por sus niveles de aislamiento, control solar y altos niveles de iluminación natural en el interior.

Desde el inicio del proyecto PGI Enginnering responsable de las instalaciones del edificio, realizó los cálculos y simulaciones del comportamiento energético para ajustar las características de la fachada y conseguir la combinación de confort interior manteniendo la imagen de proyecto y alcanzar el objetivo de la certificación LEED Oro. Cuando se terminó la obra, Torre Puig, tan solo nueve edificios en España tenían esta clasificación, según Clima-eficiencia de abril de 2015

Temas destacados:

- Prototipo para toma de importantes decisiones como la composición del vidrio de la hoja exterior de la doble piel.
- Prototipo para configurar paneles de pasos de forjado y vidrios de visión.
- Gran formato de los acristalamientos.
- Construcción modular.
- Control de calidad en taller.
- Anclaje especial a caballo de la estructura de hormigón.
- Apoyo intermedio de la retícula en pilar de la estructura del edificio.
- Estrategia de iluminación integrada a la de la fachada.
- Perfiles especiales para colocación de luminaria de LED.
- Piezas de fundición para soporte de lamas de piel exterior.
- Pegado del vidrio a soporte de fundición con silicona estructural.
- Medios auxiliares para elevación de materiales y de personal de montaje.
- Deflexión del doble acristalamiento por cambios de presión desde fábrica en altura al nivel del mar de la obra.
- Roturas de vidrios de antepecho por cambio de presión sin válvula de equilibrio.



11.2.8. Estudio de caso nº8. Hotel Catalonia.

Plaça Europa de L'Hospitalet, Barcelona.

Ateliers Jean Nouvel + Ribas & Ribas Arquitectes.



Siguiendo la planificación urbanística determinada para la plaça Europa la torre es un prisma regular de planta cuadrada y 110m de altura. El edificio tiene tres volúmenes diferenciados, el central es un vacío con un jardín vertical y los bloques de ascensores y escaleras de emergencia, en ambos lados están dispuestos los pasillos y las habitaciones. Tiene tres fachadas exteriores de configuración diferente, dos blancas y una negra en orientación norte puro.

La fachada norte está realizada con retícula de muro cortina SG Structural Glazing de Wicona WICLINE 90 SG, de montante y travesaño convencional. Los vidrios, ya sean de visión o de panel, están fijados por el canto del doble acristalamiento o del perfil del borde de los vidrios monolíticos según sea el caso. De esta forma quedan retenidos en la retícula sin tapetas por el exterior, quedando todos los vidrios en el mismo plano y con las juntas entre módulos selladas formando un plano continuo sin resaltes. La ventana está integrada por tanto, en el sistema de muro cortina, es de apertura hacia el exterior, de eje vertical con herrajes que en su conjunto permiten y limitan el ángulo de apertura de la hoja, pivotando y desplazándose unos centímetros para que esto sea posible.

Dada la geometría de los componentes, las distancias entre vidrios y el tipo de juntas, ya sean elásticas o sellados, se consigue que las ventanas queden perfectamente integradas y sin ningún elemento visto desde el exterior que haga evidente la posición de la ventana, a excepción de cuando ésta se abre hacia el exterior. Hay que considerar todos los elementos que componen las 88 ventanas y su sistema de apertura: sean de soporte, retención, guiado, pivote, limitación de apertura o cualquiera de las piezas, son un conjunto unitario y por tanto deben funcionar como un elemento estructural ya que son los únicos herrajes que mantienen unida la hoja al cerramiento y por tanto de ellos depende su estabilidad.

Las ventanas tienen unas dimensiones de 1.000 x 1.700mm y un acristalamiento de 10 / 16 / 8+8. Sellado del doble acristalamiento y pegado a marco mediante silicona estructural.

La imagen exterior de la fachada “negra” se confía a una serigrafía aplicada en caliente que debido a la variedad de tipos se realizó con un sistema de impresión digital con plotter.

Las otras tres fachadas, este, sur y oeste, tienen una tipología completamente diferente a la norte. Son unas fachadas denominadas “fría-caliente”, de hecho, conceptualmente son unos ventanales corridos con perfilería de muro cortina, acoplados a otras bandas horizontales a nivel de antepecho, también con perfilería de muro cortina con acristalamiento monolítico, que es la parte fría del cerramiento.

Ambas bandas horizontales están montadas sobre un sistema de paneles prefabricados de hormigón, que su vez están anclados en los cantos de los forjados. Desde el punto de vista energético la banda caliente está sellada contra el prefabricado de hormigón que la soporta, de modo que la fachada podría funcionar sin los paneles

acristalados de la banda fría. Dicha banda oculta el aislamiento que dobla por el exterior el prefabricado de hormigón, que al mismo tiempo está protegido por el sistema de los antepechos de vidrio.

Los acristalamientos de la zona de visión son aislantes con capa reflectante y de baja emisividad a los que se han aplicado por la cara exterior serigrafías de color blanco con el dibujo correspondiente a cada fachada. El vidrio monolítico de los antepechos tiene el mismo tratamiento de serigrafía que el resto. En ambos casos los vidrios están pegados a los perfiles de los marcos que se acoplan a la retícula como en el caso del muro cortina de la fachada negra se fijan mediante grapas en el canto del doble acristalamiento o de dichos perfiles de marco.

El prefabricado de hormigón arquitectónico interior es de la firma Escofet y reproduce según en la fachada de que se trate los grandes óculos o las palmeras que caracterizan la obra. Del mismo modo las que serigrafías se corresponden con el diseño de cada una de las fachadas. Las serigrafías en estas tres fachadas se aplicaron con el sistema convencional de pantalla y pintura vitrificable en el horno, con 80 modelos diferentes.

El sistema de practicables tiene los mismos principios que los de la fachada negra con las particularidades del sistema “Kalt Façade” con el que se han montado en las tres fachadas un total de 264 ventanas.

En las plantas de los restaurantes panorámicos, del sky bar y de la piscina de la cubierta, los sistemas de fachada son los mismos, con vidrios laminados, serigrafiados y encolados a la perfilería con silicona estructural que se fijan a una estructura metálica, aunque evidentemente sin doblar por la cara interior con el prefabricado de Escofet.

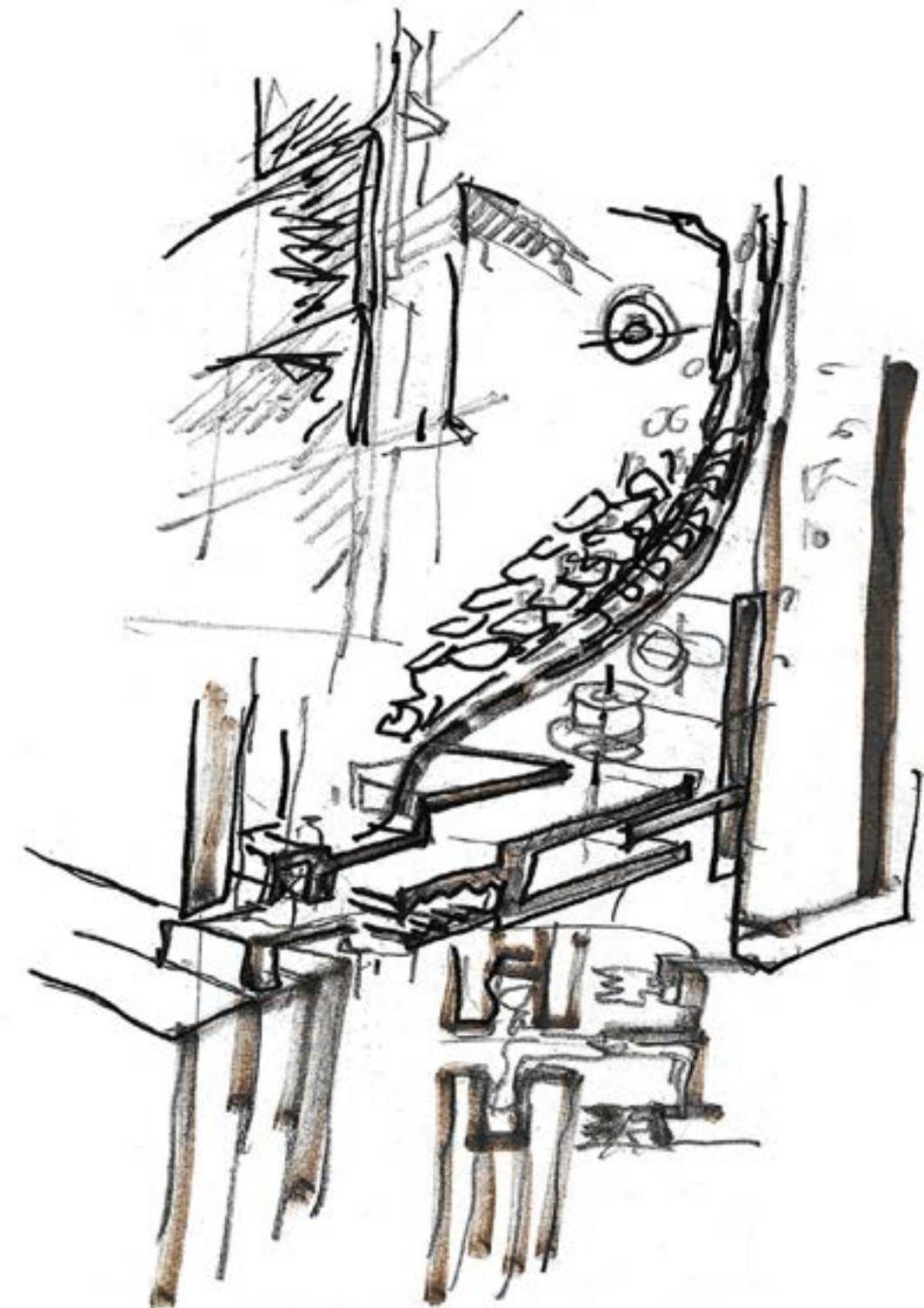
En los pasillos de las plantas de las habitaciones hay un doble sistema de cerramiento, por una parte los muros y puertas de las habitaciones, dobladas con un panel de chapa galvanizada y serigrafiada con motivos y colores vegetales. Al otro lado del pasillo cerrando de la intemperie del jardín vertical en determinadas épocas del año, está dispuesto un sistema de toldos enrollables motorizados de material plástico transparente, que son la primera barrera térmica y que además funcionan de cortavientos.

Como es habitual en este tipo de construcciones se sigue siempre el mismo proceso, desde las maquetas de aproximación a los volúmenes y a la forma, y al trabajo de composición de los tratamientos de serigrafía de cada una de las fachadas.

Posteriormente se preparan prototipos de trabajo en obra de cada uno de los modelos para la validación de los sistemas constructivos y ajustes específicos, que en este caso había que combinar con el prefabricado de hormigón interior y el cerramiento acristalado de la cara exterior. Por otro lado se construyeron prototipos necesarios para clasificar y validar las soluciones, concretamente en este caso se ensayaron y se pusieron a punto los sistemas de estanqueidad de la fachada “fría-caliente” en los laboratorios de Tecnia.

Temas destacados:

- Petos opacos de prefabricado de hormigón.
- Acristalamiento doble Aislante y de control Solar.
- Kalt Façade.
- Muro cortina.
- Petos opacos + Serigrafías.
- Ensayos en laboratorio y obra.
- Prototipos.
- Obra nueva, reflexión de las estrategias de ahorro energía.
- Rascacielos de 115m de altura.



11.2.9. Estudio de caso nº9. Torre Astro.**Av. de l'Astronomie, Bruselas.****Estudio Lamela-Altiplan- Madrid-Bruselas.**

Proyecto de rehabilitación de una torre de oficinas de 107 metros de altura. Se procede a la sustitución de las fachadas por otras que aporten más luminosidad y control energético hacia el interior de la torre.

El cerramiento de todo el edificio se resuelve mediante un sistema de muro cortina modular de perfilera de aluminio extrusionada y lacada, con acristalamiento triple.

Este muro cortina está formado por un bastidor (módulo) de semimontantes y semitravesaños de aluminio con rotura de puente térmico. La modulación en altura corresponde con la altura entre forjados de planta tipo. El módulo posee un travesaño parteluz para definir la zona de visión de la opaca. El aspecto interior del bastidor es de montantes ensamblados. Los travesaños quedan vistos por el interior enmarcando el acristalamiento.

Los módulos se cuelgan por su extremo superior mediante un sistema de anclajes de aluminio extrusionado mecanizados, diseñados en función de la carga de trabajo. Los módulos funcionan estructuralmente a tracción, colgados de los anclajes y enmechados con el módulo inferior (o en un anclaje de coliso) permitiendo las dilataciones de servicio. El proyecto no admite un único sistema de anclaje adaptable universalmente, el Fachadista analiza cada caso para ajustar el anclaje a la situación de la estructura.

Dado que la estructura de hormigón del edificio es existente, en el diseño y en la ejecución de la fachada se asumen diferentes situaciones y casuísticas aisladas que se dan, retranqueos, jácnas descolgadas del canto del forjado, cambios de alineación, y sobretodo desplomes. El Fachadista asume una tolerancia máxima o desplome, y adapta la fabricación y montaje del muro cortina para respetar los contornos y cotas nominales que se han proyectado. El resto de puntos o zonas donde el desplome sea mayor, se replica por parte del contratista general de la obra.

Se opta por un acristalamiento cogido perimetralmente para acentuar la verticalidad de la trama por medio de una tapeta y reducir la expresión de las juntas horizontales. Del mismo modo sucede con las juntas verticales intermedias dentro del módulo, son juntas aparentes en las que no hay tapeta. Por tanto, en las juntas horizontales así como en la vertical intermedia, el vidrio queda cogido, o bien por silicona estructural, bien por retenedores puntuales o borde libres siempre previo justificación mediante cálculo y dimensionado adecuado del acristalamiento. La solución final adoptada la determinará la Dirección Facultativa tras el análisis de las opciones presentadas por el industrial o Fachadista.

El acristalamiento de visión, de suelo a techo, es triple aislante cámara con capa de control solar en cara 2 y capa bajo emisiva en cara 5, con antepecho también acristalado empatando aspecto exterior. Vidrio de aspecto neutro e incoloro, de alta transmisión luminosa, y baja reflexión y factor solar. Dado que los vidrios están a una altura de 60 cm respecto del nivel de pavimento terminado, con lo cual hacen de

barandilla, y debido a la normativa de seguridad correspondiente se laminarán todas las lunas interiores.

Para la zona de paso de forjado se emplea una solución tradicional de acristalamiento especial simple para paso de forjado ya que se desea empatar el aspecto de visión con el de panel. La junta horizontal entre los dos cristales, visión y panel, se minimiza lo máximo posible. Se aísla adicionalmente con un panel aislante sándwich de chapa de acero galvanizado relleno con 1.80mm de lana mineral de alta densidad, que garantiza el aislamiento térmico y acústico requerido. El panel va sellado en todo su perímetro contra la retícula de aluminio, de manera que se asegure la correcta estanqueidad al aire, al agua y al vapor. La cara exterior del panel, la chapa exterior, se laca a fin de empatar el aspecto entre zona de visión y paso de forjado. Para evitar el estrés del vidrio así como reducir la carga térmica del panel aislante por sobrecalentamiento debido a la irradiación solar, la retícula incorpora un sistema de ventilación natural que permite un flujo de aire variable entre zonas con distintas presiones.

En el módulo de fachada viene integrada la solución de Panel cortafuegos El 60, para evitar la propagación según la normativa correspondiente. Se proyecta con una solución de chapa de acero galvanizado de 3mm de espesor que es independiente del muro cortina. Además para facilitar su montaje se fija perimetralmente a los montantes y travesaños del módulo de fachada. Se completa con el cierre termo-acústico entre plantas mediante molduras de acero galvanizado de 2mm de espesor y retacado de borra de lana de roca.

El módulo lleva también incorporado el acabado interior, en la zona de antepecho, mediante un panel conformado a cuatro caras con bandeja de chapa de aluminio anodizado ídem al resto, y panel aislante ensamblado por su cara interior para darle mayor rigidez.

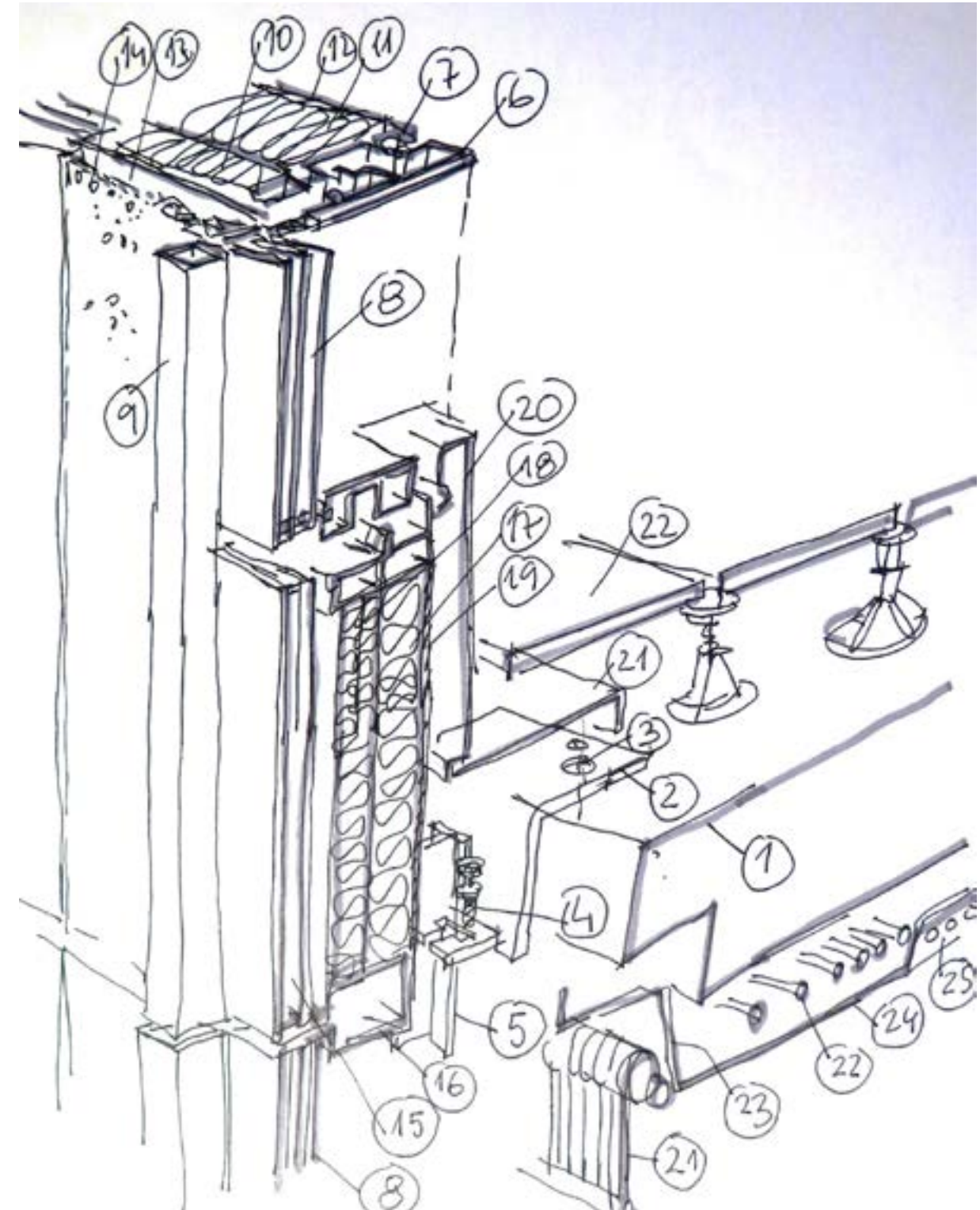
Por la cara inferior se coloca un cortinero mediante una moldura de chapa de aluminio conformada y plegada, para alojamiento de la cortina enrollable como medida de protección solar adicional, y que sirve además para realizar el encuentro entre travesaño y falso techo interior.

Los módulos, en previsión de los sistemas de mantenimiento y limpieza exterior del edificio incorporan, según las indicaciones dadas por el proveedor de la góndola, los elementos necesarios para poder guiar la misma a lo largo de toda la altura del edificio.

Como elemento de control solar, se incorpora una serigrafía, que mejora el factor solar del vidrio en aquellas orientaciones y situaciones donde es necesario. Además se pretende que esta serigrafía responda también a los aspectos compositivos de la fachada tanto por distribución, como por aspecto. De este modo se coloca una serigrafía en franjas verticales del mismo ancho que las franjas resultantes con chapa de acero inoxidable. Serigrafía de aspecto metálico reflectante, que permite unificar el aspecto entre franjas de diferente material metal/vidrio. Deposición de serigrafía en cara 2.

Temas destacados:

- Rehabilitación integral edificio vacío.
- Construcción modular.
- Rehabilitación integral edificio vacío.
- Cambio de imagen.
- Ensayos en laboratorio y obra.
- Versión final de alto ahorro energético.
- Ensayos en laboratorio y obra.
- Primer edificio de gran formato con sello de energy 0.
- Rascacielos de 125m de altura.



**11.2.10. Estudio de caso nº10. Torre Cuatrecasas.
Barcelona 22@.**

GCA Arquitectos Asociados.



El edificio está compuesto por dos torres, una de ellas de diez pisos y la otra de diecisiete, alcanzando un máximo de 72 metros de altura. El espacio entre ambas torres forma un atrio con acristalamiento tanto en el techo como en la fachada, dando como resultado un espacio utilizado para ubicar la recepción y el acceso principal a las oficinas.

Las fachadas tienen fundamentalmente dos configuraciones, una de ellas acristalada en las zonas de visión y de paso de forjado, y las otras con los mismos elementos más un sistema de marcos de lamas extrusionados de aluminio colocadas por delante del plano exterior del acristalamiento.

El cerramiento del edificio tipo se resolvió mediante un sistema convencional de muro cortina stick, con montantes y travesaños, con fijación oculta en los vidrios y paneles y posterior sellado con silicona. Los montantes están separados entre ellos aproximadamente 1.875mm en las fachadas este y oeste, 2.000mm en las fachadas sur y 2.225mm a las fachadas norte que siguen la alineación de la avenida Diagonal. La retícula tiene el primer travesaño siguiendo una repetición de 1.250mm y 2.500mm, y se sitúa por debajo de la parte inferior del forjado. Los montantes se anclarán a los cantos de los forjados mediante piezas de acero galvanizado acopladas a las guías embebidas para la regulación tridimensional.

El muro cortina es de aluminio lacado metalizado con textura de las series de Schüco, con rotura de puente térmico. La dimensión de los montantes es de 50mm de ancho y 155mm de profundidad y la de los travesaños de 50mm de ancho y 150mm de profundidad. El travesaño intermedio, cuya cara superior está situada a 750mm respecto del pavimento acabado, tiene una extrusión especial para poder colocar una luminaria lineal de LED para la iluminación monumental del edificio.

Sobre la retícula se colocaron, según los casos, los módulos acristalados fijos y los módulos opacos, siempre por la parte exterior de los montantes. Los módulos opacos corresponden a la coronación, a la sectorización, al canto del forjado y al antepecho, el resto de los módulos son acristalados.

En los módulos acristalados fijos se colocó un doble acristalamiento aislante, de aspecto neutro e incoloro, con una mínima reflexión exterior y con una capa bajo emisiva para reducir las pérdidas por conducción colocada en la cara 2, con vidrio laminar de seguridad en el interior, templado en el exterior y intercalario especial para fijación oculta de aluminio, de color negro. El acristalamiento de visión tiene una composición de 8T/20/5+5mm.

Según los requisitos de la propiedad, para obtener una mayor protección solar y privacidad en estas zonas acristaladas, se previó la instalación de unas cortinas interiores enrollables. Por la parte interior de los montantes se colocaron unos perfiles especiales de aluminio extruido lacado, de 2mm de espesor, que sirven para guiar las cortinas.

La parte opaca, que recoge la zona del canto del forjado y del antepecho de las ventanas, está compuesta por un vidrio templado de 8mm de espesor con una capa de control solar. Detrás este se colocó un plafón sándwich compuesto por una bandeja de aluminio lacado, de 2mm de espesor, un aislamiento de lana mineral, de 90mm de espesor y 90kg/m³ de densidad, y una bandeja de acero galvanizado, de 1,5mm de espesor en la cara interior.

Para cumplir con los requisitos de estabilidad al fuego marcados por la normativa correspondiente (CTE-DB-SI), en referencia a la compartimentación en sectores de incendio entre plantas, se previó la colocación en la zona del antepecho de una franja E1 mediante un plafón de fibrosilicatos con soportes angulares de acero galvanizado de 3mm de espesor. La barrera cortafuegos que se genera es independiente del muro cortina y está sellada para evitar posibles canales de aire.

El cierre interior del antepecho de las ventanas está formado por una placa de cartón yeso, de 12mm de espesor, montada sobre unos perfiles de acero galvanizado del sistema, y rematado por una moldura de aluminio, de 2mm de espesor, con acabado lacado, igual al resto de perfiles que componen el cierre.

En la mayoría de fachadas se ha montado una protección solar a base de lamas horizontales enmarcadas y fijadas con soportes puntuales sobre el mismo muro cortina.

Esta celosía está formada por módulos de 186cm de ancho y 374cm de altura, aproximadamente. Los módulos están compuestos por siete lamas horizontales fijas, de 180cm de ancho, fabricadas en aluminio extruido y montadas sobre unas pletinas laterales de aluminio, de sección 150x10mm. El acabado de todos los elementos es lacado metalizado con textura.

Los módulos de lamas se instalaron sobre los montantes del muro cortina mediante anclajes puntuales con regulación tridimensional, propios del sistema del muro cortina, uno superior, uno inferior y en caso de ser necesario alguno intermedio.

Esta celosía permitirá tamizar la intensidad de la luz, proteger contra el deslumbramiento y evitar el sobrecalentamiento del plano de la fachada.

El muro cortina tal cual se ha descrito inicialmente se proyectó con sistema de fachada stick. En el proceso de contratación los fachadistas propusieron de inmediato el cambio a construcción modular, que fue el empleado definitivamente.

En el proceso de proyecto se valoró en profundidad la selección del sistema pero sabiendo de las dificultades particulares de la obra se optó por la primera de las opciones sabiendo positivamente que se cambiaría en el proceso de licitación. Las cuestiones a resolver derivadas de la utilización del modular solo se podían abordar con la planificación general de la obra en la mano, cosa que no era posible hasta la adjudicación de la fachada condicionada a las características

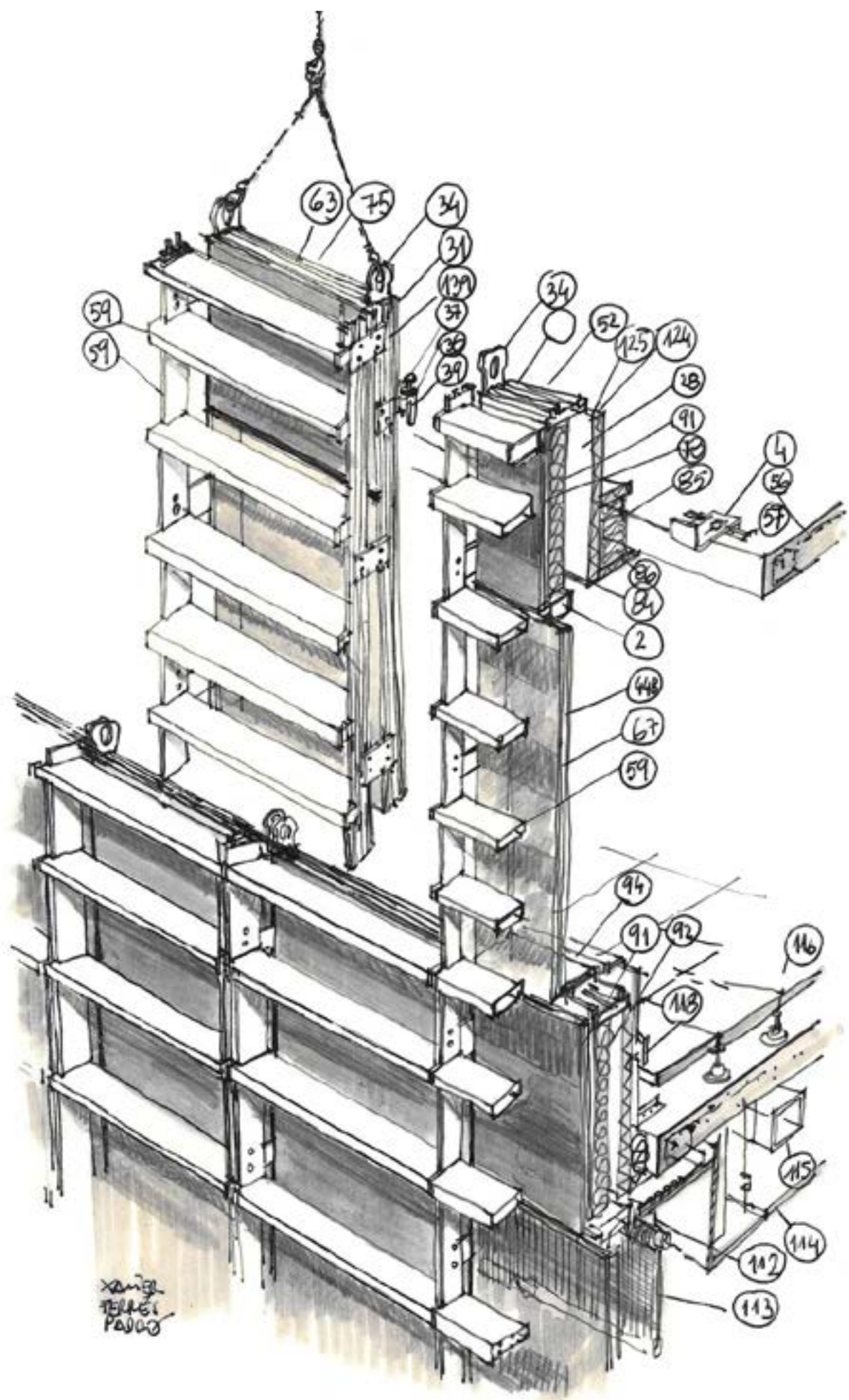
especiales de la obra. Sin entrar en detalle las variables que podían hacer decantar por un sistema u otro los motivos eran tan diversos como el volumen de la obra, 12.000m² repartidos en una docena de fachadas, aspectos económicos de coste directo de la fachada stick, problemas financieros derivados del sistema de pagos vinculado a la construcción modular o problemas derivados de la inexistencia de un solar para acopio de materiales que complicaba enormemente la logística.

El sistema modular utilizado finalmente se tuvo que poner a punto resolviendo problemas de estanqueidad en el banco de ensayos. El origen de las filtraciones eran las múltiples interferencias del sistema de soporte de las lamas de la piel exterior con las barreras de estanqueidad situadas en el perímetro de los módulos. Un adecuado rediseño de los canales de drenaje y las barreras de estanqueidad adecuadas a las pletinas de soporte dieron resultados satisfactorios.

En los prototipos técnicos y visuales también se ajustaron algunas cuestiones de montaje y de compatibilidad de tolerancias entre los módulos acristalados y los de lamas así como la composición definitiva de los vidrios de visión y los vidrios y paneles de la zona opaca. El prototipo completo montado en taller también se utilizó para decidir cuestiones tan dispares como la temperatura de color de las luminarias integradas en la retícula o el modelo y color de los “screens” interiores para entonar adecuadamente con el conjunto de la fachada, tanto de día como de noche.

Temas destacados:

- Muro cortina.
- Inicialmente, fachada stick.
- Construcción modular.
- Planificación de la estrategia.
- Ensayos.
- Prototipos.
- Obra nueva, reflexión de las estrategias de ahorro energía.
- Petos opacos, Lamas, Vidrio de altas prestaciones.
- Integración de la estrategia de iluminación en la fachada.



Conclusiones

12. Conclusiones.

El paso previo a todo proceso creativo es la formación, que en nuestro caso deriva de la observación y el estudio del hecho construido. Esto nos conduce al conocimiento de las tipologías de fachada ligera, su funcionamiento, su tecnología de construcción, los nuevos materiales y en definitiva todo lo que determina la forma. La revisión de los estudios de caso permite desde una posición de privilegio una visión integral de los procesos y de los resultados.

La especialización de las tareas a desarrollar, con el objetivo de innovar, requiere una formación transversal desde el diseño hasta la industria, o lo que es lo mismo, desde el concepto hasta la producción en taller y en obra.

El análisis de los modelos a lo largo de la historia, desde la arquitectura vernácula a la más sofisticada, nos ha dado pistas de cómo evolucionar. La reflexión nos conduce en primer lugar al conocimiento de la técnica, y en segundo lugar a la elaboración de propuestas tecnológicamente avanzadas.

En esta Tesis Doctoral queda demostrada la importancia del conocimiento de la técnica y la relación directa con la calidad de la arquitectura.

La arquitectura incorpora elementos técnicos que generan un nuevo lenguaje. La fascinación por la tecnología, y en especial la del vidrio, hace que continuamente se estén haciendo arquitecturas de riesgo sin contemplar sus limitaciones y las dificultades de su materialización.

Aspectos derivados del diseño, de la técnica, de la normativa o de la cultura acentúan el problema de “la ligereza”. Cuanto más tecnológica es una fachada más componentes tiene y más compleja es su formalización, lo que en ocasiones significa un aumento innecesario de la incertidumbre sin ninguna aportación.

La confianza excesiva en la técnica se traduce en una despreocupación por el conocimiento y supone un punto limitante para la innovación. Es imprescindible identificar las limitaciones económicas, de funcionamiento y de planificación del sistema de fachada, que la propiedad debe conocer y aceptar, para poder planificar y actuar en consecuencia.

Las obras seleccionadas para los estudios de caso han sido resueltas con éxito como consecuencia de la aplicación de una planificación rigurosa, en el que se ha podido innovar gracias a la anticipación y a la previsión.

En ocasiones propuestas interesantes que podrían tener recorrido, se plantean en un punto de desarrollo tan avanzado que no admite su implementación perdiendo la oportunidad de evolución e innovación tecnológica. Por tanto, resulta básico saber cuándo proponer nuevas soluciones para que estas puedan ser aplicadas.

La planificación debe hacerse con tiempo y medios. Tiempo para el desarrollo madurado del proyecto con decisiones vinculantes en cada fase, desde los inicios más creativos a la fase más ejecutiva que termina con la construcción de los prototipos.

Hay que tantear una aproximación de coste económico de la operación y su viabilidad constructiva, especialmente para justificar y compensar los sobrecostes respecto de las fachadas más simples. Es fundamental prever la dotación económica adecuada para que el desarrollo técnico sea acorde con la sofisticación y complejidad planteada.

Queda demostrado en consecuencia que determinar la planificación y conocer sus fases clave es fundamental para garantizar la buena construcción y la buena arquitectura.

Después del análisis específico para cada proyecto en cuanto al lugar, el uso o el presupuesto, hay que determinar **las prestaciones técnicas**, económicas, formales y de confort del usuario. Estas están vinculadas entre sí y hay que tratarlas con una visión integral que contemple todas las variables. Debemos ordenar y coordinar estos requisitos, sin olvidar la importancia de su interacción, para determinar el sistema de fachada y su tipología.

Es fundamental hacer partícipe a los clientes y usuarios en el proyecto, planificación, explotación, uso y mantenimiento de las fachadas. Todos deben ser capaces de comprender su singularidad y los recursos que ofrece, valorar los beneficios, ponderar las limitaciones y asumir los pros y contras de una edificación de este tipo.

Es imprescindible un trabajo en equipo que integre las aportaciones de todos, desde la propiedad, los arquitectos, ingenierías hasta los gabinetes de control, con visión inclusiva y estudiando las propuestas desde todos los ángulos.

La observación de los estudios de caso de este trabajo nos ha permitido confirmar que el empleo de una metodología clara y sistemática permite reducir la incertidumbre que hay entre las ideas y los resultados, desde el proyecto a la puesta en servicio.

El método expuesto en el capítulo nueve se basa en las experiencias de numerosas obras construidas, y sirve para hacer una arquitectura en la que las ideas se transforman en objetos y que demuestra que la técnica y la forma son lo mismo.

Garantizar los resultados obliga tal y como se ha explicado extensamente a aplicar el método descrito, entendiendo que la aplicación de la propuesta del proceso que se plantea es “reiterativa”, con sucesivas verificaciones tanto en cada una de sus fases como en su conjunto. Esta metodología es un indicador básico de la evolución y de la innovación tecnológica.

Debemos documentar el proyecto para garantizar la calidad final de la obra; para ello hay que realizar una gráfica detallada mediante planos generales, de detalles constructivos, desarrollos 3D, imágenes de referencia e infografías, cálculos del comportamiento estructural y rendimiento energético adecuados a cada fase del proyecto. También es fundamental redactar la memoria, pliego de condiciones técnicas, describir las partidas de la medición y valoración. Finalmente siempre es de utilidad preparar modelos y maquetas a escala que han de ayudar a la comprensión de la globalidad del proyecto.

La rigurosidad de la documentación determinará la del proyecto, y esta debe ser suficientemente descriptiva, entendible y coherente.

Es evidente la relación directa entre el seguimiento de un proceso riguroso y completo y la calidad técnica de la arquitectura. Al desarrollo de la documentación hay que añadir numerosas actividades complementarias, fundamentales para el mismo fin.

Queda demostrada la importancia de los estudios complementarios, los modelos informáticos, prototipos y ensayos de laboratorio y a pie de obra y la redacción de un programa completo de puntos de control para asegurar la coherencia del proyecto y acercarse al riesgo cero en cada una de las fases.

Es evidente que la invención está en contra de la evolución y el prototipo es el que permite detectar, controlar y reaccionar de forma anticipada. De esta forma podemos vincular el mundo de las ideas con el de la construcción, asegurando la coherencia entre los documentos, la intención de proyecto y el resultado final.

Los prototipos son la verificación en tamaño y condiciones reales de la dificultad de la técnica y permiten ajustes de matiz que son imposibles de detectar con ningún medio informático. Las sucesivas aproximaciones a través de estos permite anticiparse y corregir posibles deficiencias. Los modelos a escala real son el nexo de unión entre las fases de diseño y de construcción. Deben estar previstos desde el inicio para resultar compatibles con la planificación general de la obra.

En arquitecturas no convencionales con voluntad de innovación, hay que hacer un esfuerzo adicional en la concreción del proyecto, y en el seguimiento de todas las actividades. Para ello la figura del consultor especializado externo resulta clave por su conocimiento y visión global.

Los resultados positivos sólo llegan después de un trabajo integrado en el que es muy importante tanto el trabajo de los consultores como la construcción de prototipos para controlar y reducir las incertidumbres, asegurando la fiabilidad del proyecto.

La nueva arquitectura requiere de innovación constante y sobrepasar los límites de lo posible es la fórmula, sin embargo queda condicionada por el riesgo inherente a toda creación.

En este trabajo se ha propuesto un método basado en un proceso cíclico y reiterativo que puede suponer un nuevo planteamiento fiable tanto para los equipos de diseño como para la industria.

Como queda demostrado, a través de los estudios de caso, gracias a un método que está en constante evolución se han resuelto con éxito arquitecturas muy diversas, método que puede servir de guía para posibles líneas de avance y mejora.

El método propuesto también podría ser útil para reducir la incertidumbre en la creación de arquitecturas complejas sin comprometer su fiabilidad porque tal y como dice Jean Nouvel en el Manifiesto de Louisiana,

“Si el proceso es coherente, los errores pueden ser la evidencia del límite de lo posible.”

Metodológicamente hay que hacer balance al final de todo proceso porque es siempre el inicio de la fase siguiente. Resulta imprescindible hacer una revisión exhaustiva de las fases anteriores, comparándolas con el resultado final de la obra una vez terminada. De este modo se evita la pérdida de información y de experiencias, facilitando el trasvase del conocimiento. La observación completa de todos los pasos y la monitorización de los resultados, puede dar criterios de cómo evolucionar y mostrar potenciales líneas de futuro en el campo de la tecnología.

Reflexionar sobre los antecedentes en el campo de las fachadas ligeras es la base para plantear posibles vías de mejora de las prestaciones, favoreciendo el desarrollo de materiales y sistemas constructivos y optimizando las soluciones que ya se han aplicado.

La alta definición tecnológica de los proyectos seleccionados para este trabajo ha servido para documentar ejemplos con resultados reales, que van mucho más allá del repertorio de soluciones para acercar su conocimiento teórico y práctico. Obras construidas que han facilitado saber no tan solo el cómo, si no el porqué de las soluciones adoptadas, facilitando la comprensión profunda de la tecnología de las fachadas ligeras.

12.1. Resumen a modo de decálogo.

Como extracto de las conclusiones anteriormente desarrolladas, se propone una guía de diseño sintetizada en los siguientes diez puntos:

Identificar y conocer las tipologías de fachada ligera, su funcionamiento y su tecnología de construcción, especialmente la que determina la forma.

Plantear las limitaciones de los sistemas aplicados a la construcción de las fachadas ligeras. Reconocer el problema de la ligereza.

Planificar el proyecto, sus requerimientos y las fases de la operación.

Concretar las prestaciones técnicas, económicas, formales y de confort para definir los criterios de diseño.

Integrar a todos los agentes en la planificación del proyecto, diseño, costes de construcción, explotación, uso y mantenimiento de las fachadas.

Aplicar la metodología de proyecto desarrollada en este trabajo. Combinando en la fase de diseño el concepto del edificio, sus envolventes, los sistemas, los materiales y sus prestaciones.

Definir documentalmente con todos los elementos gráficos y escritos, imágenes y materiales de referencia.

Reducir la incertidumbre construyendo prototipos en fase de proyecto y en fase de obra. Además de prever muestras, ensayos, cálculos y test.

Asegurar la coherencia entre las fases de proyecto y de construcción, verificando su correcta aplicación en la fabricación y puesta en obra para controlar las prestaciones y la calidad final.

Revisar los resultados y tomarlos como base para la evolución y el futuro de la tecnología.

12.2. Propuestas de futuro de continuidad y evolución de este trabajo.

En esta tesis doctoral se ha tratado de sentar las bases para racionalizar los riesgos, y hasta cierto punto, gestionar la incertidumbre de todo proceso creativo que no deja de superar una y otra vez los límites de la tecnología. Hay diferentes cuestiones que solo se han planteado y, en mi opinión, merecerían evolucionar con estudios más detallados y por tanto establecer líneas de trabajo e investigación en un futuro.

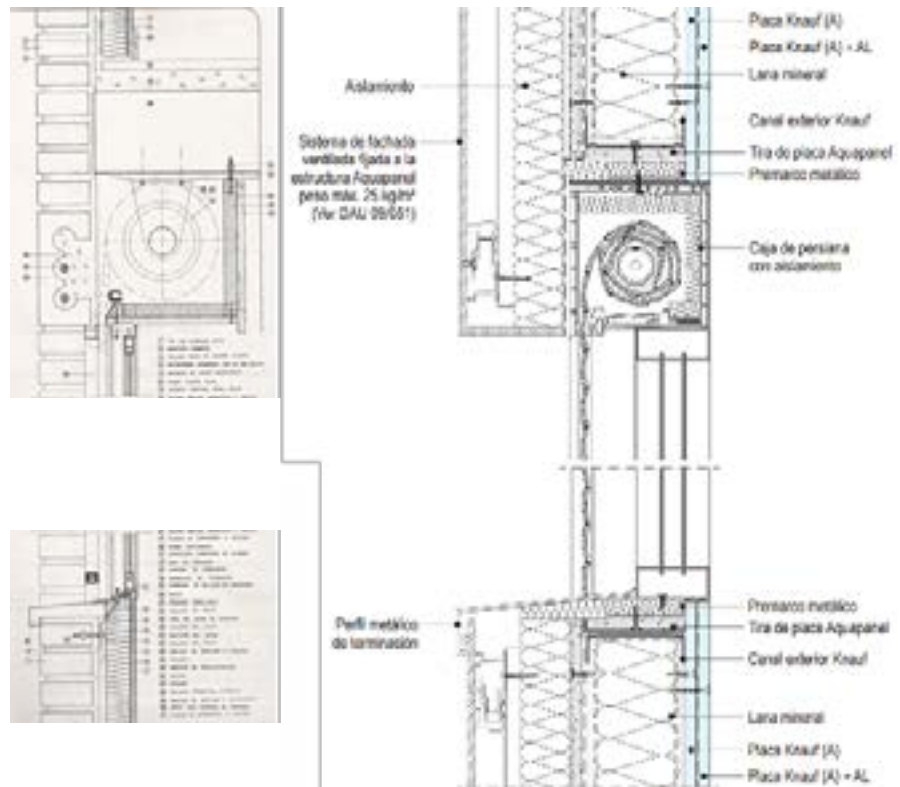
- A. La sofisticación creciente desde la fachada plana de pequeño formato a la incertidumbre derivada de la geometría y del funcionamiento complejo
- B. El tratamiento específico de los cerramientos en edificios en altura
- C. La energía como motor de la evolución de los sistemas y productos de fachadas ligeras.
- D. El control solar en clima mediterráneo, algo más que multicapas sobre la simple piel.
- E. Las patologías y los costes derivados de la no calidad de las fachadas ligeras
- F. Los formatos y la tecnología del vidrio evolución e incidencia en la arquitectura singular.
- F. Las fachadas ventiladas y los nuevos materiales de pequeño y gran formato.

13. Reflexión personal.

Soy arquitecto.

Esta afirmación es tan reivindicativa de mi profesión como obvia, y no quisiera terminar este trabajo sin dejar claro el origen de mi formación, la manera de entender mi trabajo y una parte de mi vida.

Soy arquitecto, eso sí, un arquitecto más creativo y dedicado a la técnica de lo que lo es uno convencional, si es que los hay. Si consideramos que el arquitecto imagina el resultado y el ingeniero se centra en el proceso, a mí me corresponde unir ambos mundos, y tratar de hacer creíbles las ideas de los demás, reivindicando una forma de hacer arquitectura basada en la transdisciplinariedad.



Durante años me han considerado “arquitecto-ingeniero” por mi afición a resolver los proyectos de una manera especial y por mi forma de entender el oficio, que a pesar de sus transformaciones durante estas tres décadas en las que me he dedicado a explicar y a construir fachadas, considero aún hoy muy lejos de lo que debería ser: un oficio basado en el trabajo en equipo, transversal y colaborativo.

Desde que terminé mi primera formación universitaria en la Escola de Arquitectura del Vallés allá por los inicios de los 80, es evidente que nada es igual. En este período ha habido grandes innovaciones de los sistemas, materiales y procedimientos, pero fundamentalmente se ha concretado un cambio de actitud frente a la tecnología.

Para hacernos una idea de cómo se abordaba la cuestión de la técnica en aquellos momentos, basta observar dos imágenes, una de ellas corresponde a un detalle constructivo publicado en el nº1 de “el Croquis” en el año 1982.

Revista que por aquel entonces, se proclamaba como la única capaz de mostrar aspectos de construcción tan necesarios en el mundo universitario como en el profesional, posicionándose claramente en contra de lo que en el editorial del nº0 de la misma, denominaba como “arquitecturas de pase de modelos”.

Eran los inicios de la construcción seca, una simple placa de yeso laminado, patentada en 1979, servía para construir tabiques interiores. Se publicaba un anuncio de la tecnología de vanguardia con un detalle constructivo, lo más avanzado del momento. Lo podríamos describir como: Ventana corredera de aluminio con vidrio monolítico, fijada a la hoja exterior de fábrica de ladrillo, con patas de obra.

La segunda de las imágenes es un detalle de ventana equivalente al anterior, comparándola hoy treinta y cinco años más tarde, tiene más de cuarenta referencias distintas e incorporaría entre otros, los conceptos de la construcción industrializada, obra seca, la fachada ventilada o la sostenibilidad, toda una declaración del estado de la cuestión de ayer y de hoy, vemos que la tecnología de la construcción evoluciona lento, pero más rápido de lo que parece.

Cuando miramos atrás, lo hacemos para no olvidar lo que recibimos del pasado pensando en el futuro y en la arquitectura que viene. Hablamos por ejemplo de Choisy, de Prouvé o de Rice, hablamos de reflexión y narración a través del dibujo, de verificación a través de los prototipos y de innovación más allá de los límites de lo convencional y fundamentalmente de modelos de colaboración.

Este trabajo de investigación trata también de las relaciones. De la relación ente el arquitecto y la industria, entre el arquitecto y el hombre, entre el hombre y su obra, y de todos ellos con su entorno.

La arquitectura de hoy es extrema en respuesta a los fenómenos naturales como la radiación solar, el seísmo, el viento y así un largo etcétera. Fenómenos que somos capaces de cuantificar y prever de forma estadística que son incluso parametrizables, y para los que la arquitectura reacciona y tiene solución.

La complejidad derivada del factor humano es la que origina la sofisticación. La altura de los edificios, la geometría compleja de las envolventes, la tecnificación forzada o la sofisticación en el funcionamiento de las fachadas, son condicionantes impuestos que tienen como riesgo añadido la banalización de la técnica. Son arquitecturas que en ocasiones quedan marcadas por la confianza desproporcionada en la tecnología y esto es un problema tan serio como real.

Ahora todo es “extremo”, no sabría decir si es un calificativo o un concepto que se ha instalado en todos nuestros procesos sin aportar valor. Es el momento de la exageración y de la inmediatez con los mínimos recursos. Se llevan las cuestiones al límite, en cuanto a formas, formatos, prestaciones, plazos, garantías, responsabilidades, etc.

Esta actitud, tiene una parte de exhibicionismo y está reñida con la arquitectura comprometida con el contexto y el lugar, por ello debería ponderarse el uso de la técnica con responsabilidad social.

Desde la técnica no hay respuesta para todo. Podríamos convenir que si bien la formación académica ha mejorado en los últimos años, no lo ha hecho en grado suficiente como para dar respuesta a los niveles de incertidumbre asociados a ciertas propuestas desafiantes.

En consecuencia, conviene moderación en lo gestual, contra la tendencia a la sobreactuación, para hacer un uso racional de la expresividad, que en muchos casos domina el concepto general del proyecto. Hay que resolver arquitecturas de modo riguroso, debemos utilizar con criterio los sistemas que permiten adaptarse a cada caso concreto, para ello: conocimiento de tecnología funcionalidad y racionalidad.

Técnica y forma son la misma cosa, con esta premisa he podido trabajar sin ningún problema con la metodología de diseño y construcción explicada en este trabajo, con arquitectos de todo el mundo, que afrontan y resuelven los conflictos desde su visión personal con criterios muy dispares.

En “el nudo” concurren todos los elementos básicos para la expresión de la técnica de las fachadas ligeras y la relación con el edificio que envuelven y su entorno. Existe una relación directa entre el grado de definición y la calidad final de la propuesta.

Me he apasionado por el simple hecho de hacer construibles las ideas de los demás y compartirlo trasvasando el conocimiento. Proyectos de cualquier envergadura que en muchas ocasiones parten de poco más que de un gesto espontáneo o de arquitecturas en miniatura, objetos a escala reducida con los que los diseñadores muestran sus intenciones, todo un reto.

A través del dibujo a mano alzada he podido interpretar y resolver arquitecturas emocionantes respondiendo a la confianza de sus autores. Gracias a los bocetos puedo transmitir el alto nivel de concreción necesario, no se hacerlo de otra manera y por tanto son para mí una herramienta clave de comunicación. Mi pasión declarada por el dibujo me ha posibilitado estudiar y entender, explicar e ilusionar, imaginar y decidir, porque dibujar es un registro útil para narrar una historia y hacer volar la imaginación sin las trabas de los límites de la tecnología.

Conservo miles de croquis de trabajo para investigar y explicar cómo se construyen las fachadas. Los guardo de una manera un tanto personal, todos ordenados desde finales de los 80, en mis ciento nueve libretas de trabajo, todas son iguales coleccionadas junto a varios miles de A3 de papel sulfurizado y otros dibujos en formatos más elaborados publicados en manuales, libros o artículos de revistas.

Durante los años que he dedicado a trabajar en el mundo de la construcción de la fachada ligera y a la docencia, he tenido el privilegio de vivir directamente el desarrollo y evolución de una técnica y la

he podido compartir. He participado en centenares de obras desde diferentes ángulos, los primeros diez años vinculado al trabajo de taller y a la industria para aprender un oficio y después desde el 97 como consultor.

Gracias a ello he podido conocer el proceso completo de la materialización de las ideas y en base a ello reflexionar para tratar de poner algo de orden.

Lo más importante al leer este final es que, a pesar de lo que pueda parecer, esta Tesis Doctoral de largo recorrido me ha permitido madurar, pensar y ordenar las ideas, más allá del día a día y de las obligaciones profesionales y docentes. Este trabajo de investigación es una cuestión personal de retorno y de respuesta agradecida por una oportunidad que me ha acercado la vida, para tratar de explicar no lo “que” he hecho, sino el método que he aprendido y por tanto “cómo” lo he hecho en mi carrera profesional.

Es un privilegio descubrir, aprender y compartir nuevos argumentos, recuperar planteamientos antiguos que se han confirmado desde la experiencia.

He dedicado muchos esfuerzos a esta tarea con una voluntad clara, tratar de acortar el camino de la formación de quien pueda estar interesado en el diseño y construcción de fachadas., y si es así, se verán recompensados.

Bibliografía Consultada



14. Bibliografía consultada.

AGC FLATT GLASS EUROPE. Manual AGC Glasspocket 2008-2009.

ARAUJO, Ramón. La arquitectura como técnica. Superficies (1). A.T.C. Ediciones S.L., 2007.

ARAUJO, Ramón. Construir en altura. Sistemas tipos y estructuras. Editorial Reverte., 2012.

ARAUJO, Ramón. Tectónica, nº 33. Rehabilitación de la arquitectura moderna. ATC Ediciones, S.L., mayo 2010.

ARAUJO, Ramón. Tectónica, nº 38. Fuego: Protección. Hospital de Vallecas, Madrid. ATC Ediciones, S.L. octubre 2013.

ARAUJO, AZPILICUETA. Tectónica, nº 38. Industrialización. ATC Ediciones, S.L. Julio 2012.

ASEFAVE. Manual de producto. Fachadas Ligeras. Madrid: Aenor ediciones. 2006.

ASEFAVE. Manual de producto. Ventanas. 2da ed. Madrid: Aenor ediciones, 2009.

AV Monografías Arquitectura Viva. Jean Prouvé 1901-19814 nº149. 2011

AVELLANEDA Jaume, Construcción extrema, 2015.

AVELLANEDA Jaume, Construir simple, pero no banal, 2014

BLASSER, Werner. Bayer Konzernzentrale. Jahn-Sobek-Schuler. Birkhäuser, 2003

Biosca Fachadas Ligeras SA. Catálogo técnico-comercial. Barcelona: Edición propia, 1996.

BROOKES, Alan J. Cladding of Buildings. London: Spon Press, 2003.

BROOKES, Alan J. Concepts in Cladding. London: Construction Press, 1985.

Butterworth Architecture. Oxford, 1993.

Catálogo Bauen mit Aluminium 1966/67. Düsseldorf: Aluminium Verlag GmbH, 1967.

Catálogo Bauen mit Aluminium 1968. Düsseldorf: Aluminium Verlag GmbH, 1967.

Cerramientos de aluminio textos para formación profesional de ASEFAVE. Editorial Interpress 1994

CITAV. Manual del vidrio Ediciones de 1987, 1989,1993.

Curtain Wall Construction. London: Konrad Gatz (Ed.) Iliffe Books, 1967.

Detail Praxis. Materiales translúcidos. Vidrio. Plástico. Metal. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L., Frank Kaltenbach (ed.), 2007.

Detail. Revista de arquitectura y detalles constructivos. Arquitecturas en vidrio. Año 2007-2. Bilbao: Editorial Reed Business Information, 2007.

Detail. Revista de arquitectura y detalles constructivos. Fachadas. Año 2001-1. Bilbao: Editorial Elsevier Información profesional, S.A., 2001.

Detail. Revista de arquitectura y detalles constructivos. Fachadas. Año 2003-4. Bilbao: Editorial Reed Business Information, 2003.

Detail. Revista de arquitectura y detalles constructivos. Fachadas. Año 2006-1. Bilbao: Editorial Reed Business Information, 2006.

Detail. Revista de arquitectura y detalles constructivos. Vidrio. Año 2002-4. Bilbao: Editorial Reed Business Information, 2002.

EBBERT, Thiemo. Re-Face. Refurbishment Strategies for the Technical Improvement of Office Façades. Tesis Doctoral. Delft: TU, 2010.

Facade 2009. Facade Technologies. Detmold: Pottgiesser, Knaack, Strauss (Eds.), 2009.

Façade 2010. Conference on building envelopes. Refubishment. Hightech – lowtech. Lucerne: Daniel Meyer, Ueli Zihlmann (Eds.). Lucerne University of Applied Sciences and Arts, 2010.

Facade 2011. Super green. Detmold: Pottgiesser, Knaack, Strauss (Eds.), 2011.

Fassaden - Building Envelopes for the 21st Century. Basel: Hindrichs, Heusler (Eds.) Birkhäuser / Schüco, 2010.

FERNÁNDEZ NAVARRO, J. M. El vidrio. Constitución, Fabricación, Propiedades. CSIC. Sociedad española de cerámica y vidrio.

FIERRO Annette, The Glass State. The Technology of the Spectacle The Massachusetts Institute of Technology Press. 2003

Free Minds. Nº 1. Strain. Arbós, Janer, Teixidor, Vidal. 2009

Free Minds. Nº 2. Bellapart. Arbós, Guitart, Vilà. 2010

GARRIDO, Pablo. Vida y Obsolescencia de fachadas del Siglo XX en la Ciudad de Barcelona. Tesis Doctoral UPC 2015

GAUSA, M.; CERVELLÓ, M.; PLA, M. BCN Barcelona: Guía de Arquitectura Moderna 1860-2002. Barcelona: Actar, 2002.

GIRALDO, Pilar. Evaluación del comportamiento del fuego y protección contra incendios en diversas tipologías de fachadas, Tesis Doctoral UPC 2012

Glass performance Days. Conference Proceedings. Tampere Finland, 1997-1999-2001-2003-2005-2007-2009-2011

GLAVERBEL. Minitome 2000. Un univers de verre.

HERNÁNDEZ-CROS, J. E.; MORA, G.; POUPLANA, X. Arquitectura de Barcelona. Barcelona: COAC, 1989.

High Rise Manual. Typology and Design, Construction and Technology. Basel: J. Eisele, E. Kloft (Eds.) Birkhäuser, 2003.

Infraleve. NADAL, Daniel. Ediciones asimétricas. 2012

KNAACK; KLEIN; BILOW; AUER. Façades. Principles of Construction. Basel: Birkhäuser Verlag, 2007.

Jean Prouvé. Maison démontable 6x6. Galerie Patrick Seguin, Paris 2013

Jean Prouvé.

Lamela 1954-2005. Madrid: Tanais Ediciones, 2005.

Lamela urbanística y arquitectura. Realizaciones y proyectos 1954-1992. Madrid: Xairat Ediciones, 1993.

Libro de ponencias del Congreso Nacional de arquitectura de fachadas ligeras. San Sebastián, 1997, 2000, 2003, 2006 y 2009.

Linguaggio e progetto. Bologna: SergioBersi, Carlo Ricci Zanichelli editore, 1973.

Manual CITAV 1968 a 1993. Madrid: Cristalería Española SA.

Manual del vidrio 2001. Madrid: Saint Gobain Glass.

MARCO, Jose Manuel. Análisis de Estructuras Multicapa depositadas sobre vidrio para control óptico y energético. Tesis Doctoral UNIZAR 2004

MENDIZABAL, Margarita. Manual de la ventana. Ministerio de fomento 1988

MORRONI, Antonio. Serramenti in Ferro. Progettazione e costruzione. Milano: Editore Ulrico Hoepli, 1961.

NIBS Guideline 3.2012 Building Enclosure Commissioning Process BECx. April 2012

Novoperfil n.40, Noviembre de 1993

OESTERLE; LIEB; LUTZ; HEUSLER. Double Skin Facades. Integrated Planning. Múnich: Prestel Verlag, 2001.

PALLASMAA, JUHANI. The eyes of skin. Architecture and senses. GG 2006

PARICIO, Ignacio. La piel ligera. Maduración de una técnica constructiva. Folcrá 75 años. Barcelona: Actar Birkhäuser, 2010.

PERMANYER. Eduard. El detall constructiu en la pràctica de la professió.

Publicacions del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya. 1981

PETERS, Nils. Jean Prouvé 1901-1984. La dinámica de la creación. Taschen. 2006

PILKINGTON GLASS LTD. Glass in Building. Button & Pye (Eds).

Registre d'arquitectura moderna a Catalunya 1925-1965. COAC-ACTAR 1996

RILEY, T. Light Construction. Transparencia y ligereza en la arquitectura de los 90. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1996.

ROMANELLI, Francesco; SCAPACCINO, Elisa. Dalla finestra al curtainwall. Ricerche sulle tecnologie del discontinuo. Roma: Officina Edizioni, 1979.

SÁNCHEZ-OSTIZ, Ana. Fachadas. Cerramientos de edificios. Cie. Inversiones Editoriales Dossat 2000. 2011

SCHAAL, Rolf. Curtain Walls. Design Manual. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1962.

SCHITTICH; STAIB; BALKOW; SCHULER; SOBEK. Glass Construction Manual. Basel: Ed. Detail Birkhäuser, 1999.

Techniques Françaises des Façades Légères. Murs rideaux et panneaux de façade. París: CIMUR. Eyrolles Editeur, 1965.

Tectónica, nº 1. Envolventes (I). Fachadas ligeras Madrid: ATC Ediciones, S.L., enero-abril 1996.

Tectónica, nº 10. Vidrio (I). Madrid: ATC Ediciones, S.L.

Tectónica, nº 16. Muro cortina. Madrid: ATC Ediciones, S.L., diciembre 2003.

Tectónica, nº 22. Aluminio. Madrid: ATC Ediciones, S.L., diciembre 2006.

Tectónica, nº 32. Envolventes metálicas. Madrid: ATC Ediciones, S.L., mayo 2010.

Tectónica, nº 36. Arquitectura textil. Madrid: ATC Ediciones, S.L. octubre 2011.

Trazos de Arquitectura y Construcción. Cuadernos Técnicos. Número 9. Diciembre 1986

VIGLA, P. Carpintería metálica. Acero laminado en caliente y de acero inoxidable plegado en prensa. Barcelona: Gustavo Gili, 1967.

WELLER, Bernhard; HÄRTH, Kristina; TASCHE, Silke; UNNEWEHR, Stefan. Detail Practice. Glass in building. Principles. Applications. Examples. Munich: Edition Detail book, Birkhäuser, 2010.

ZAMORA; CASTELLÓ; CALDERÓN. Façanes Lleugeres. Manual del projecte arquitectònic. Barcelona Edicions UPC, 2006.

Webgrafía Consultada

15. Webgrafía consultada.

Control Solar

www.durmi.com

www.griesser.es

www.persianasgradhermetic.com

www.somfy.es

www.warema.com

Fachadistas

www.bellapart.com

www.euroscal.com

www.folcra.com

www.garciafaura.com

www.goyer.fr

www.grupoaluman.com

www.inasus.com

www.josef-gartner.permasteelisagroup.com

www.martifer.com

www.monobi.eu

www.octatube.com

www.permasteelisagroup.com

www.rinaldi-structal.com

www.seele.com

www.strain.es

Ingenierías

www.bacecg.com

www.bisstructures.com

www.efectis.com

www.jgingenieros.es

www.pgiengineering.com

www.sbp.de

Ingenierías especializadas y Consultores de fachadas

www.arup.com

www.burohappold.com

www.eocengineers.com

www.eppag.ch

www.ferresarquitectos.com

www.heintges.com

www.koltayfacades.com

www.sbp.de

www.thorntontomasetti.com

www.wintech-group.com

Laboratorios, inspección y control

www.apluscertification.com

www.bureauveritas.es

www.cstb.fr

www.socotec.com

www.tecnalia.com

Materiales

www.acerlormittal.com

www.alucobond.com

www.alucoil.com

www.codinaarchitectural.com

www.dowcorning.com

www.dupont.es

www.escofet.com

www.euronit.es

www.finsa-arquitectura.com

www.incoperfil.com

www.kalzip.com

www.keilanchor.com

www.kme.com

www.knauf.es

www.lobecor.es

www.panelomegazeta.com

www.prehorquisa.com

www.rockwool.es

www.sistemamasa.com

www.soudal.com

www.trespa.com

www.ursa.es

www.ulma.com

www.vanceva.com

Organizaciones

www.asefave.org

www.astm.org

www.ctbuh.org

www.docomomoiberico.com

www.incafust.cat

www.materiauxdeconstructiondapresguerre.be

www.skyscraperpage.com

Sistemas de fachadas y perfilerías

www.forster-spain.es

www.jansen.es

www.kawneer.com

www.metra.it

www.raico.de

www.reynaers.es

www.rp-technik.com

www.schueco.com

www.technal.com

www.wicona.com

Vidrio

www.cricursa.com

www.duglass.com

www.glassonweb.com

www.okalux.de

www.pilkington.com

www.saint-gobain.es

www.tvitec.com

www.yourglass.com

Estudios de arquitectura de las obras citadas:

Alonso i Balaguer - www.alonsobalaguer.com

Ateliers Jean Nouvel - www.jeannouvel.com

Batlle i Roig - www.batlleiroig.com

B720 Fermín Vázquez Arquitectos – www.720.com

Estudio Araujo - www.estudioaraujo.es

Estudio Barozzi Veiga – www.barozziveiga.com

Estudio Lamela - www.lamela.com

Estudio Rafael de la Hoz - www.rafaeldelahoz.com

Fargas Associats Arquitectes - www.fargas.net

GCA Arquitectes - www.gcaarq.com

Herzog & De Meuron - www.herzogdemeuron.com

Mateo Arquitectura - www.mateo-arquitectura.com

MBM - www.mbmarquitectes.cat

Ribas & Ribas Arquitectos – www.ribas-arquitectos.com

Ruiz Barbarín Arquitectos - www.arquimania.es

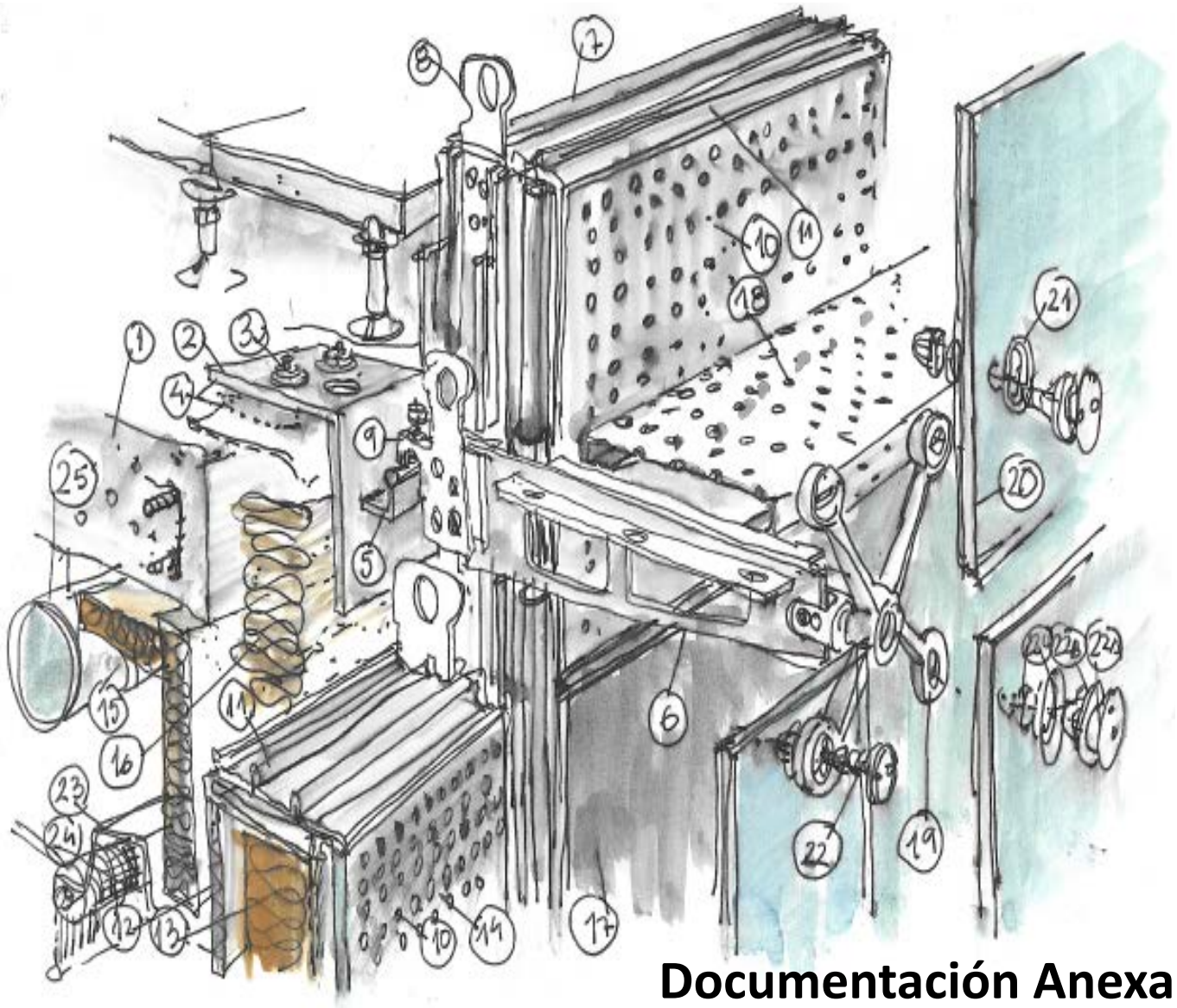
TAC Arquitectes - www.tacarquitectes.com

Toyo Ito & Associates - www.toyo-ito.co.jp

FACHADAS LIGERAS: UN PROCESO HACIA EL LÍMITE.

Diseño y Construcción de Fachadas Ligeras

Del concepto arquitectónico y el detalle técnico a la obra construida.



Documentación Anexa

Director de Tesis:
Jaume Avellaneda Díaz-Grande
Dr.Arquitecto

Programa de doctorado:
Tecnologia de l'Arquitectura, de l'Edificació i de l'Urbanisme

Tesis Doctoral:
XAVIER FERRÉS PADRÓ
Mayo 2017

Nota preliminar del autor acerca de la procedencia de las imagenes.

Todos los croquis, esquemas y dibujos de esta tesis doctoral son del autor, excepto los del concepto inicial de las obras de Zaha Hadid, de Rafael Moneo y Barozzi y Veiga.

Todas la imágenes de esta tesis doctoral son del autor, con excepción de algunas de ellas, que han sido extraídas de las páginas web de los autores de las obras o en algun caso de la bibliografía consultada.

16. Anexo 1.

16.1. Estudios de caso – Proyectos.

16.1. Annexos
ESTUDIOS DE CASO

Fachadas ligeras: un proceso hacia el límite.
Diseño y construcción de fachadas ligeras.

Del concepto arquitectónico y el detalle técnico hasta la obra construida.










Tesis Doctoral. Abril 2017
Autor: Xavier Ferrés Padró
Director de Tesis: Jaume Avellaneda











Programa de doctorado: Tecnologia de l’arquitectura, de l’edificació i de l’urbanisme
Departament de Tecnologia a l’Arquitectura.
Universitat Politècnica de Catalunya.

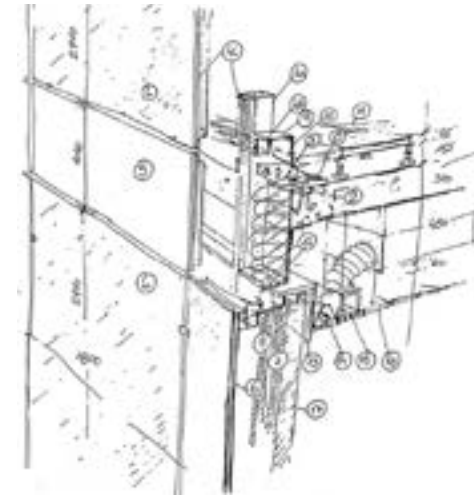
									
Diagonal 640, Barcelona	Diagonal 682, Barcelona	Torre Agbar, Barcelona 22@	Genova 27, Madrid	Hotel Torre Porta Fira, L'Hospitalet, Barcelona	Szczecin Philharmonie, Poland	Torre Puig, L'Hospitalet, Barcelona	Hotel Catalonia, L'Hospitalet, Barcelona	Tour Astro, Bruxelles	Torre Cuatrecasas, Barcelona 22@

Índice

E.C. nº 1. DIAGONAL 640. BARCELONA.	11
E.C. nº 2. DIAGONAL 682. BARCELONA.	51
E.C. nº 3. TORRE AGBAR. BARCELONA 22@.....	77
E.C. nº 4. EDIFICIO DE OFICINAS GÉNOVA 27. MADRID.	123
E.C. nº 5. TORRES PORTA FIRA. PLAÇA EUROPA, L’HOSPITALET. BARCELONA.....	147
E.C. nº 6. SZCZECIN PHILHARMONIC. SZCZECIN. POLAND	195
E.C. nº 7. TORRE PUIG. PLAÇA EUROPA, L’HOSPITALET, BARCELONA.	221
E.C. nº 9. EDIFICIO DE OFICINAS TOUR ASTRO. BRUSELAS. BÉLGICA	281
E.C. nº 10. TORRE CUATRECASAS. BARCELONA 22@.	321

		1. Estado Inicial	2. Concepto arquitectónico, imágenes de referencia, maquetas y renders	3. Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y prod. El	4. Planos de proyecto	5. Planos de detalles constructivos	6. Prototipos y modelos a escala real	7. Ensayos y test en fábrica, taller y obra	8. Talleres y fabricación	9. Obra en curso, montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares	10. Obra acabada
	Estudio de Caso Nº1 Diagonal 640, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº2 Diagonal 682, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº3 Torre Agbar, Barcelona 22@										
	Estudio de Caso Nº4 Genova 27, Madrid										
	Estudio de Caso Nº5 Hotel Torre Porta Fira, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº6 Szczecin Philharmonie, Szczecin, Poland										
	Estudio de Caso Nº7 Torre Puig, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº8 Hotel Catalonia, Plaça Europa de l'Hospitalet, Barcelona										
	Estudio de Caso Nº9 Tour Astro, Bruxelles										
	Estudio de Caso Nº10 Torre Cuatrecasas, Barcelona 22@										

		EC nº1	EC nº2	EC nº3	EC nº4	EC nº5	EC nº6	EC nº7	EC nº8	EC nº9	EC nº10
											
		Diagonal 640, Barcelona	Diagonal 682, Barcelona	Torre Agbar, Barcelona 22@	Genovà 27, Madrid	Hotel Torre Porta Fira, L'Hospitalet, Barcelona	Szczecin Philharmonie, Poland	Torre Puig, L'Hospitalet, Barcelona	Hotel Catalonia, L'Hospitalet, Barcelona	Tour Astro, Bruxelles	Torre Cuatrecasas, Barcelona 22@
Edificios de obra nueva	6										
Edificios rehabilitación integral	4										
Arquitectos extranjeros	4										
Premios Pritzker (Rafael Moneo, Toyo Ito, Jean Nouvel)	4										
Rascacielos de 80 a 145 m. de altura	6										
Hoteles	2										
Oficinas o sedes corporativas	7										
Edificios culturales o de servicios	1										
Residencial	0										
Promoción Pública	1										
Promoción Privada	9										
Proceso completo	10										
Colaboración internacional	7										
Obras con consultoría de fachada	9										
Prototipos	10										
Proceso con colaboración internacional en España	7										
Proceso con colaboración en el extranjero	5										
Elementos singulares	10										
Innovación tecnológica	10										
Ensayos en laboratorio y obra de sistemas y componentes	8										
Fachada con elementos control solar exterior	2										
Fachadas de doble piel acristalada	3										
Muro cortina	10										
Muro cortina modular/stick	5										
SG Silicona estructural	7										
Tratamiento especial del fuego	5										
Integración fachada-lighting	5										
Edificio premiado	6										



Estudio de Caso nº **1**

DIAGONAL 642
BARCELONA. ESPAÑA

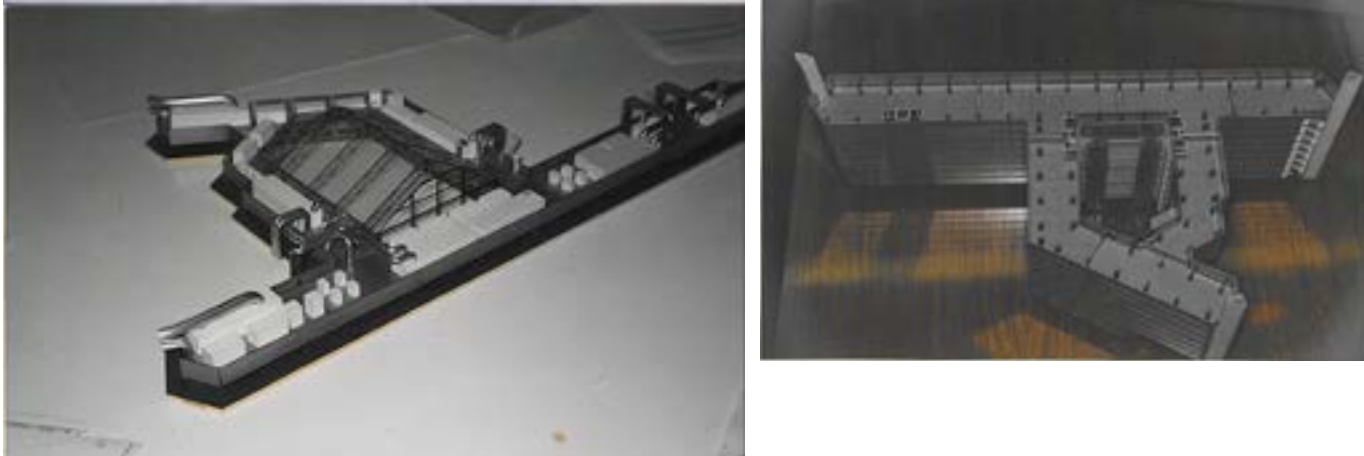
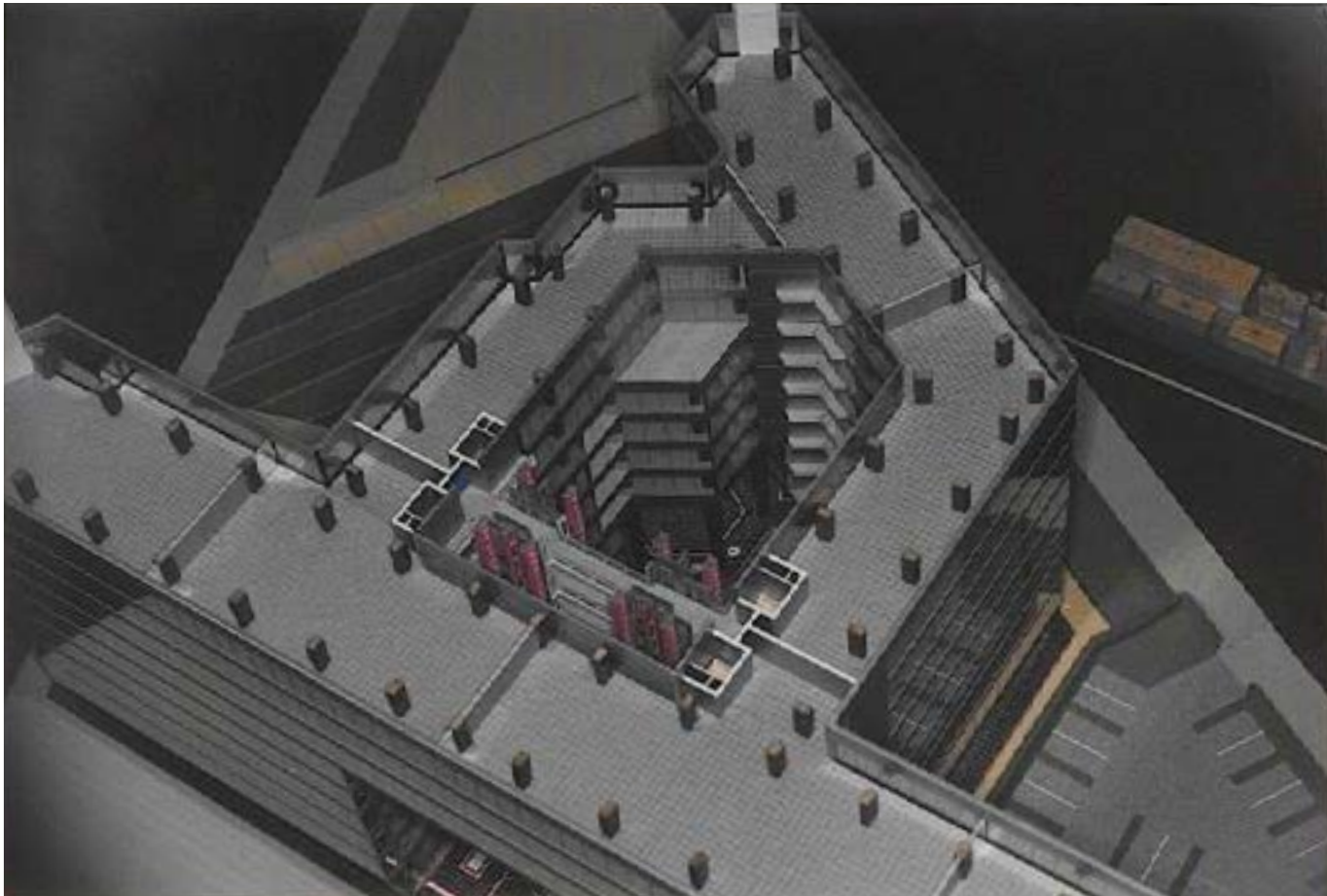
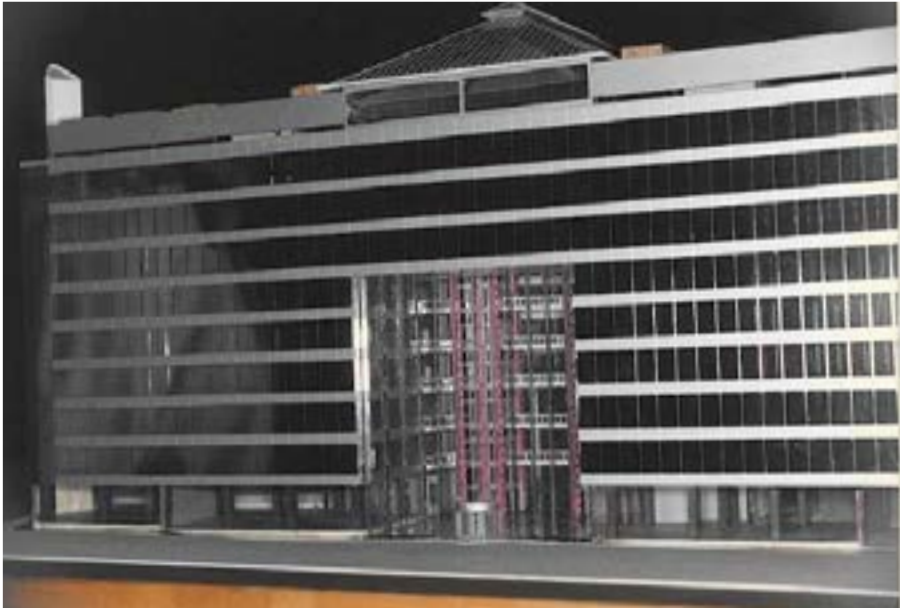
EDIFICIO DE OFICINAS EN AV. DIAGONAL 640, BCN.

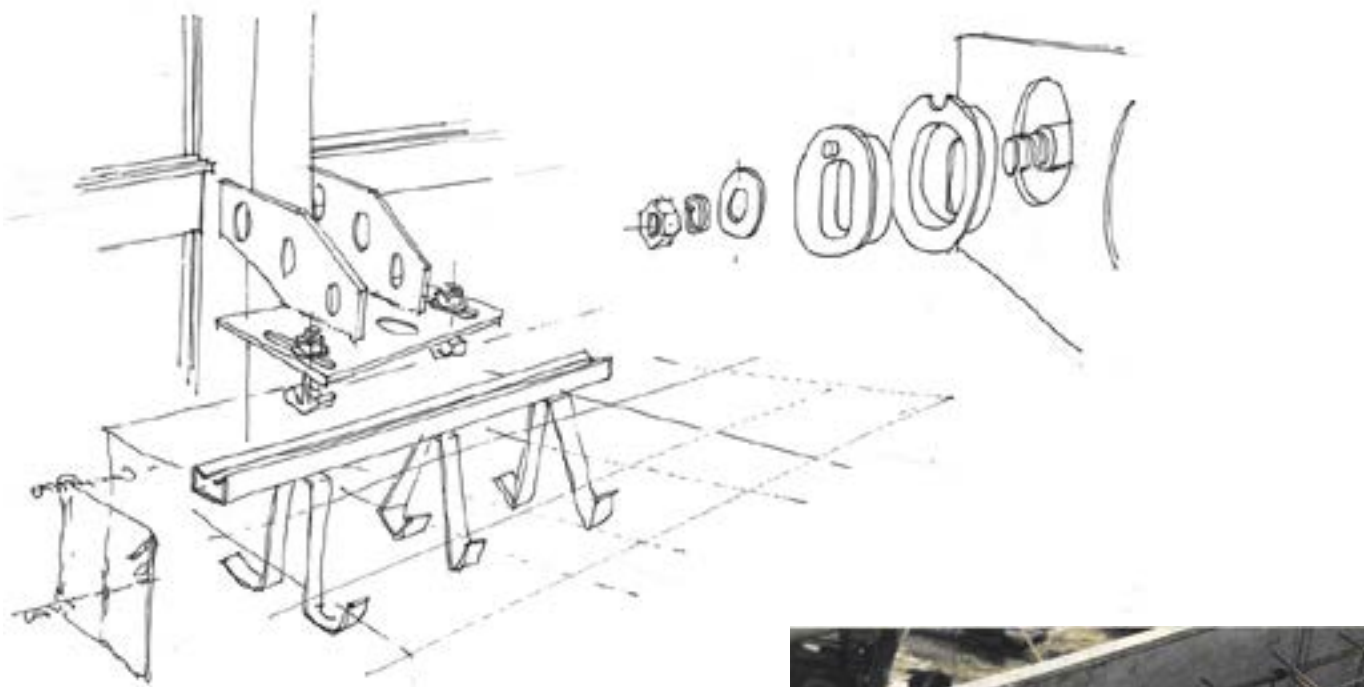
Arquitectos:
FARGAS i Associats.
Año: 1990-1993
Superficie de la obra:
42.439 m2
Superficie de fachada:
22.000 m2
PEM de la partida de fachadas:
11.500.000 €
Constructor fachada:
Biosca Fachadas ligeras



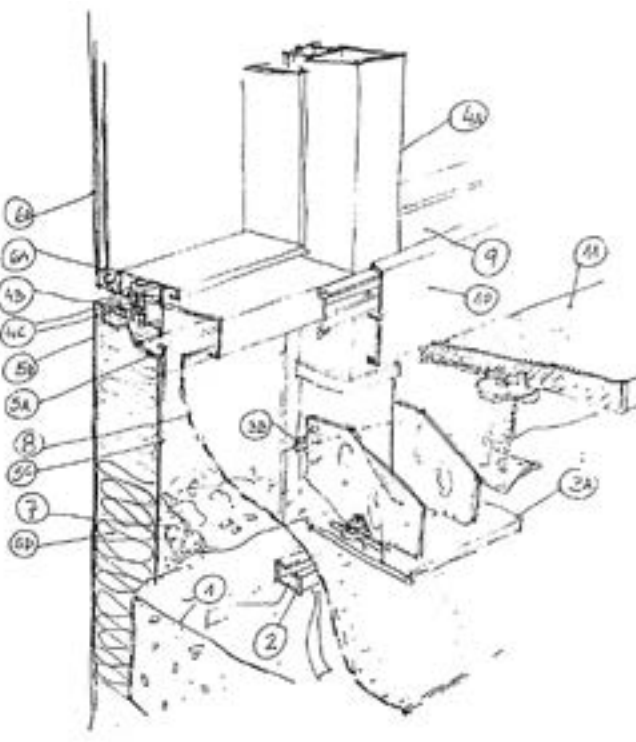
REHABILITACIÓN PARCIAL DE EDIFICIO DE OFICINAS EN AV. DIAGONAL 640, BCN.

Arquitectos:
BAAS Jordi Badia
Consultoría de fachadas:
Ferrés Arquitectos y Consultores
Año: 2012
Superficie de la obra:
42.439 m2
PEM de la partida de fachadas:
1.850.000 €
Constructor fachada:
Aluman.

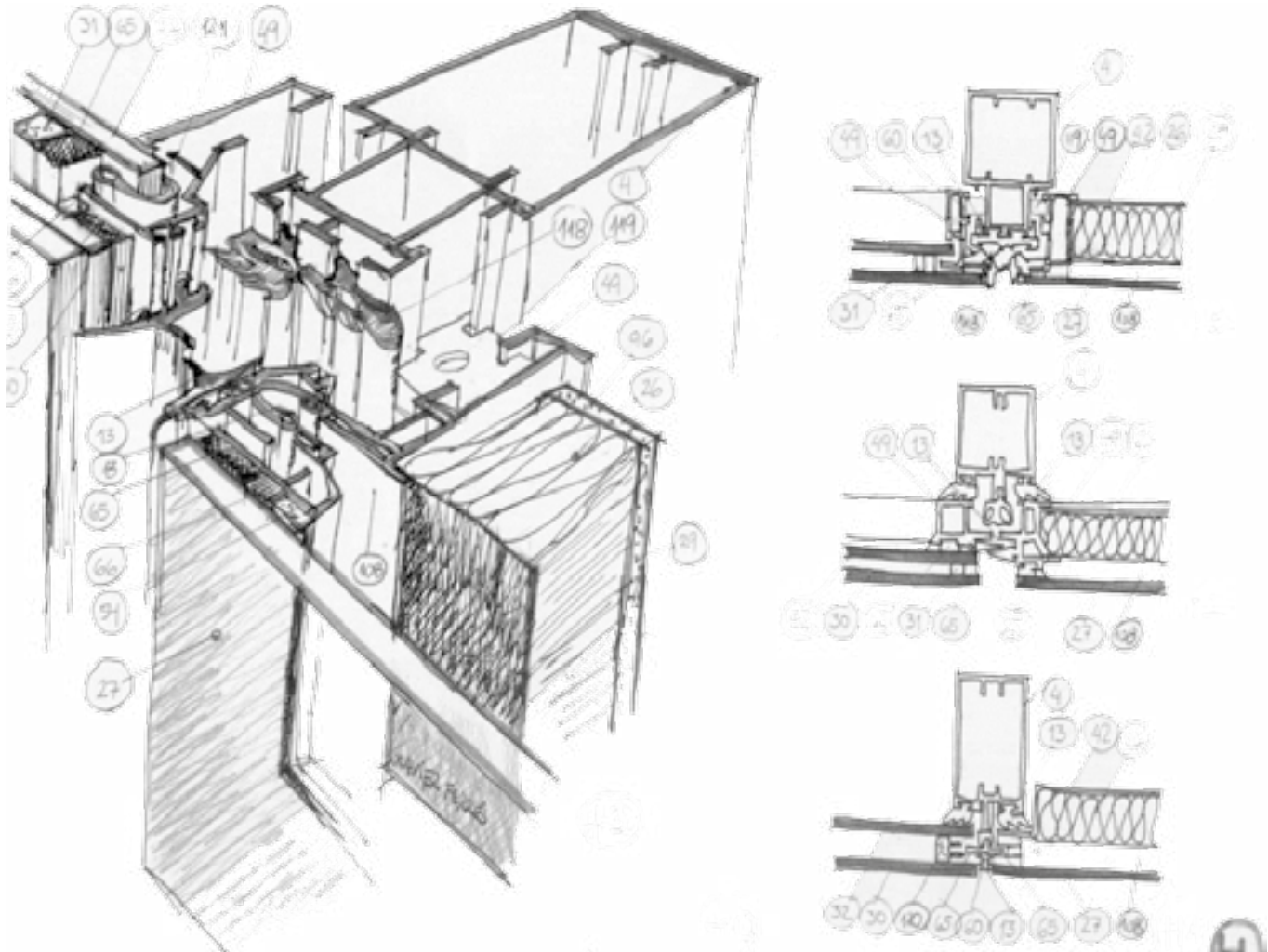
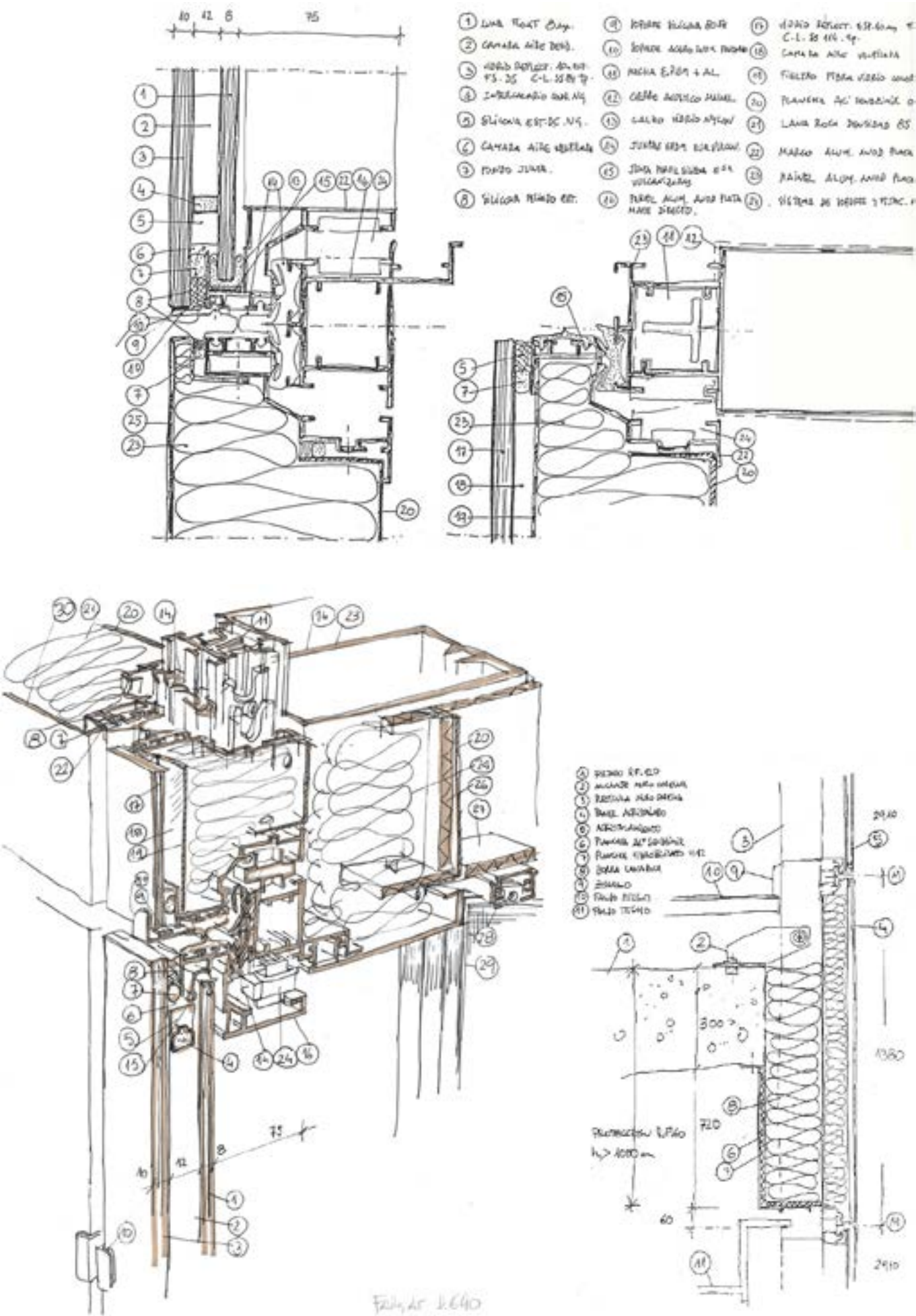


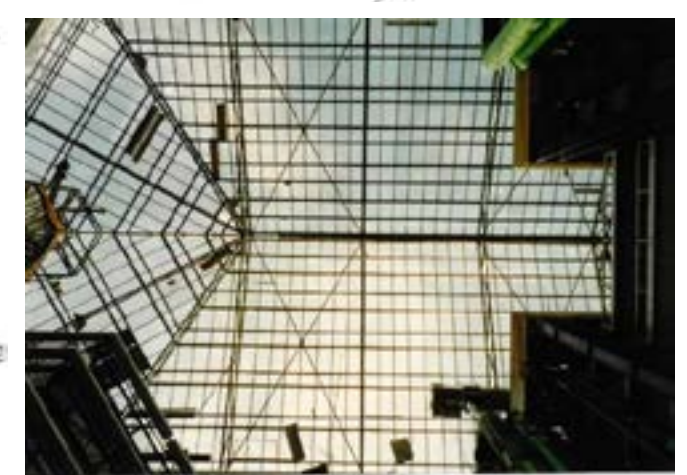
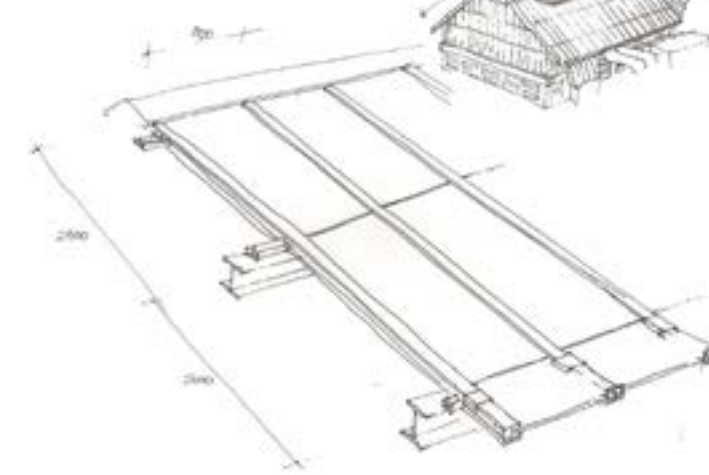
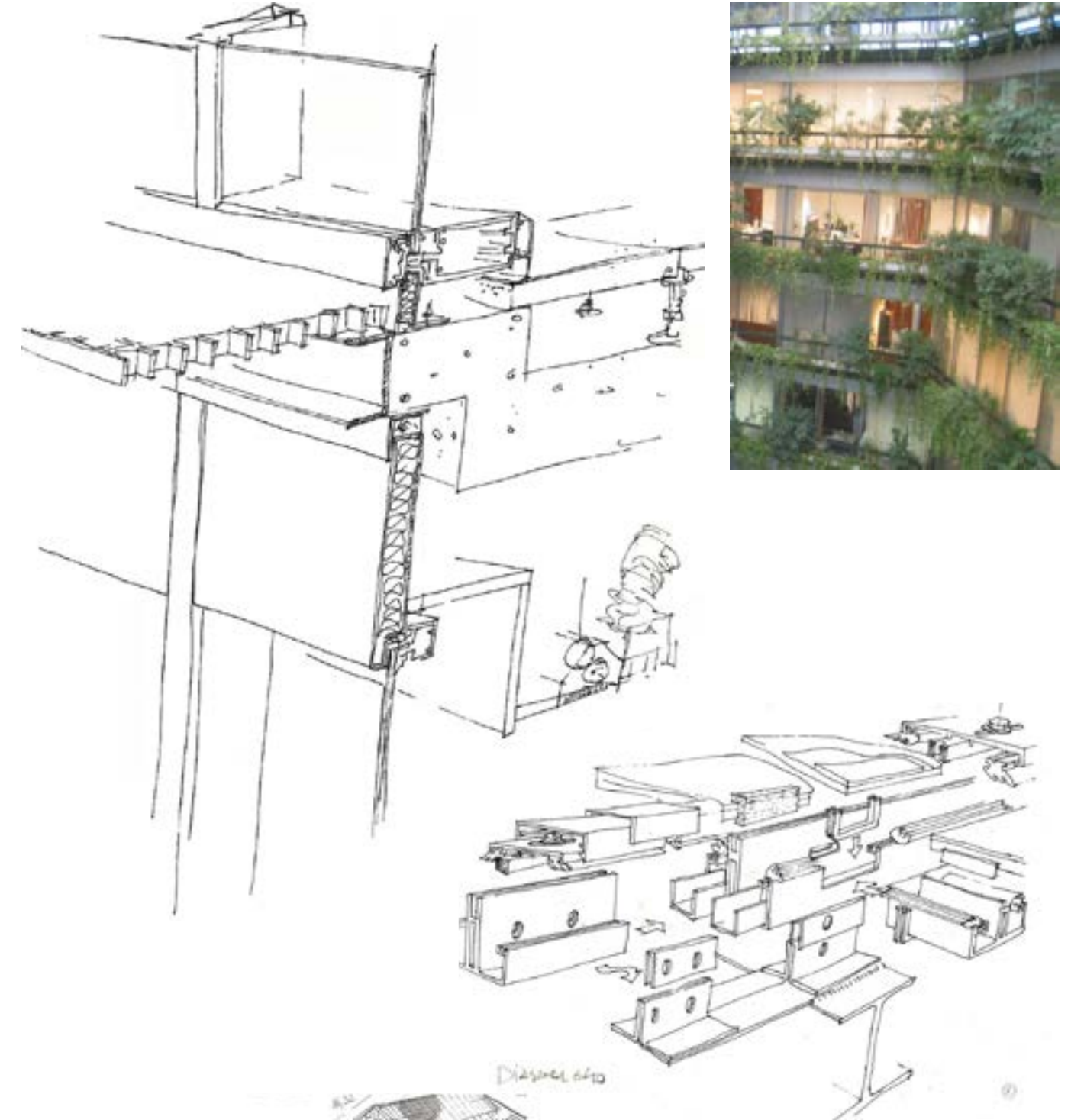
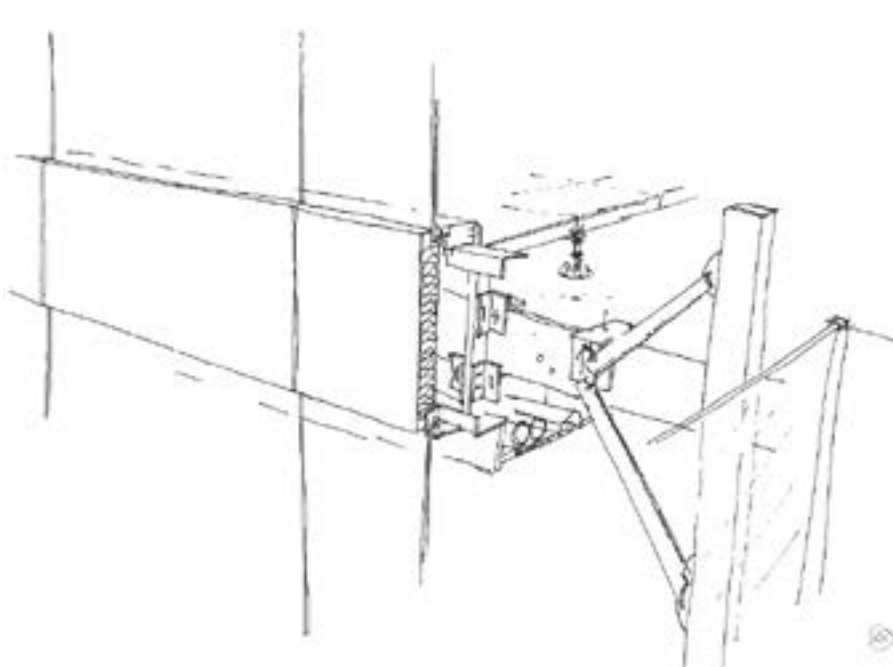
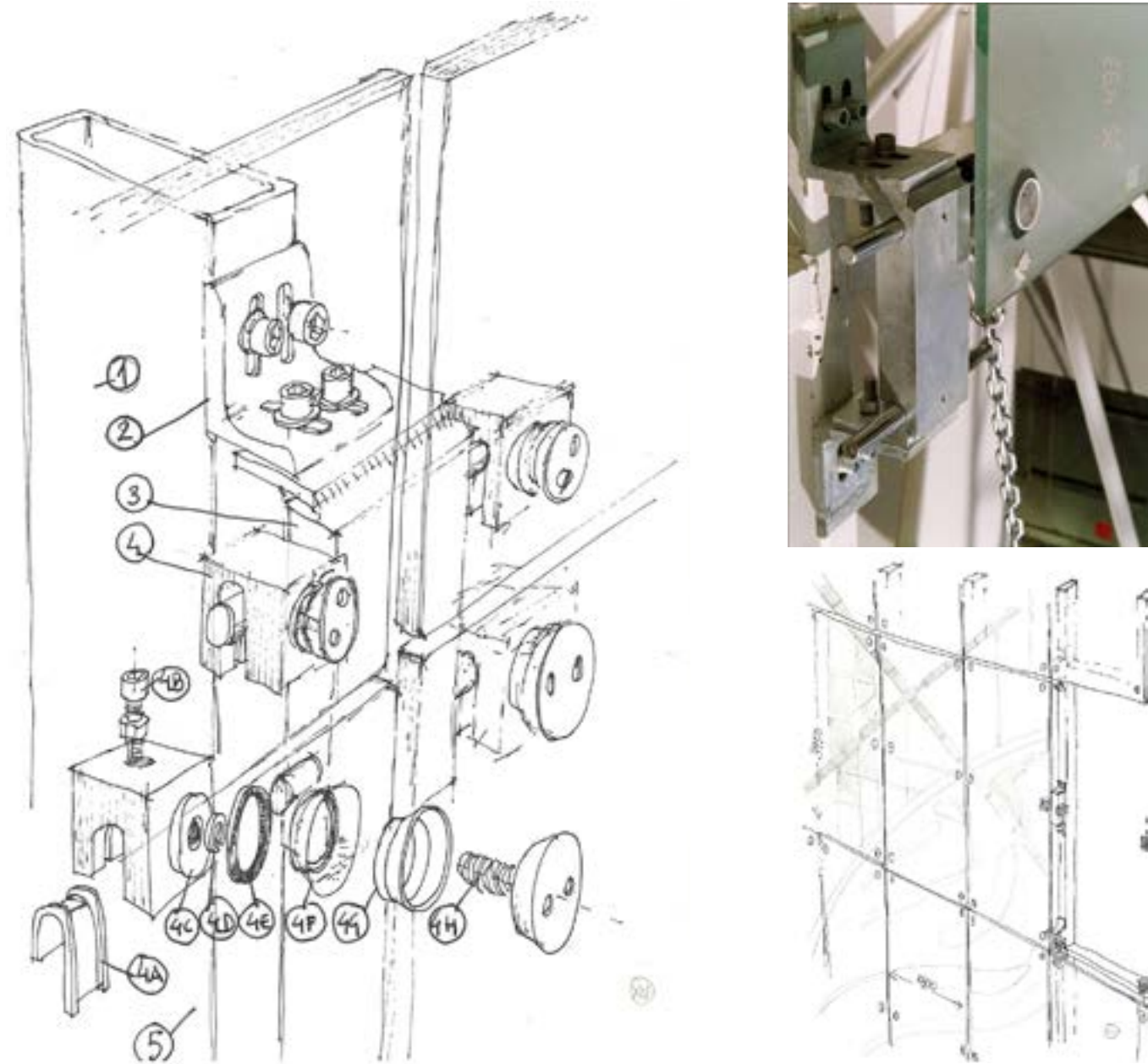


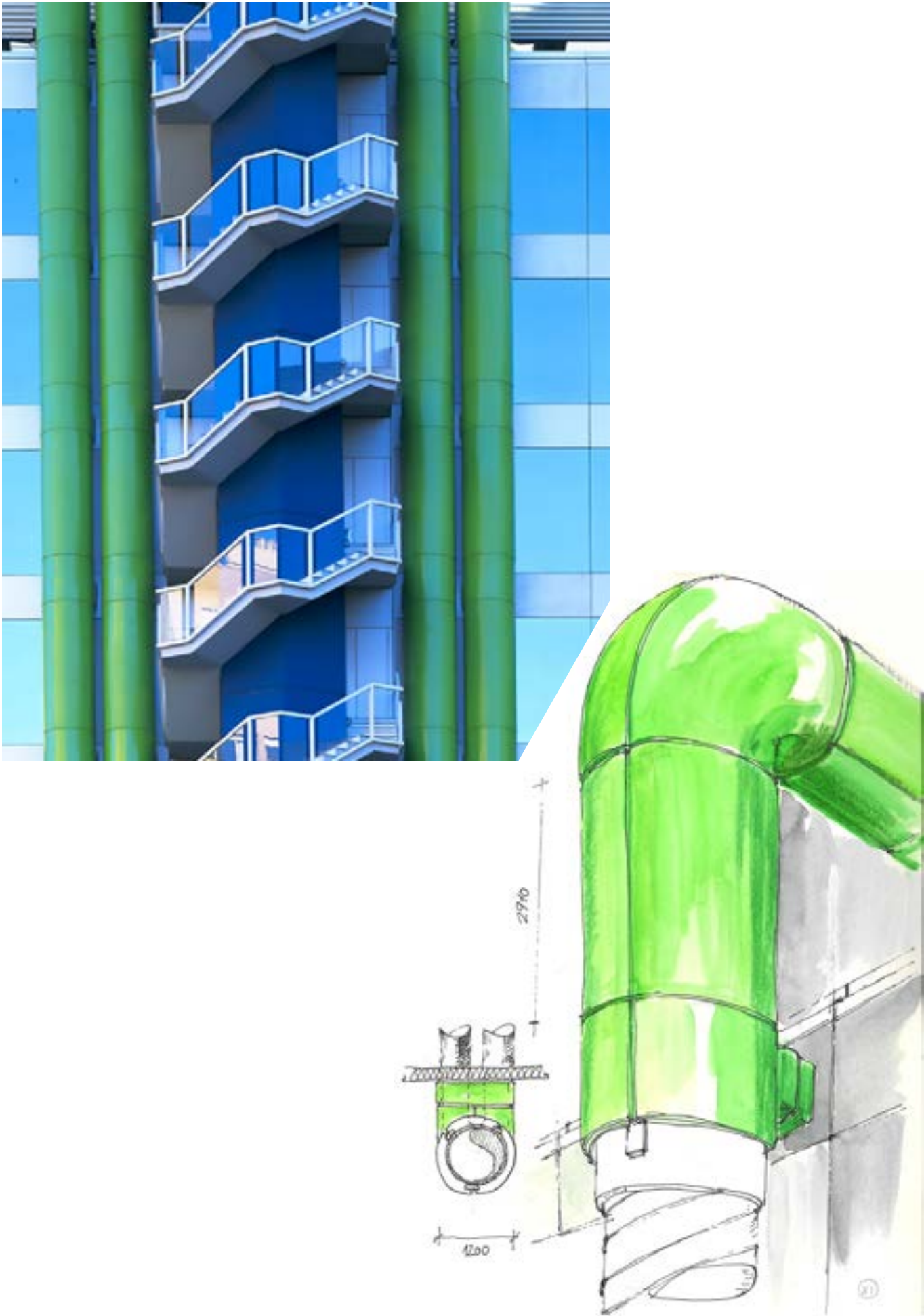
- 1. FICHAJE
- 2. GUA ANILLO FE 2N
- 3. ANILLO DE TENSIONADO FE 2N
- 4. BITE TIRE + FIST. TENSION y ABRO. BLOQUE
- 5. DETECTOR. MANUEL ALICADO A 100. PATA
- 6. DETECTOR. TENSIONADO
- 7. SISTEMA. ESTADO. SINTON. EPDM. VENTIL.
- 8. PERIL. PARED. TACET. CUBO. AL. ANILLO. PATA
- 9. CUBO. AL. 2m. CONCRETO y ANILLO. PATA. PATA
- 10. LAMA. ANILLO. INTERIOR
- 11. PERIL. PARED. VENTIL. AL. ANILLO. PATA
- 12. ANILLO. LAMINADO. PATA. ALICADO. VENTIL.
- 13. LAMA. DE. BOTA
- 14. LAMA. DUTILICA. ANILLO. INTERIOR
- 15. PERIL. COMPLEMENTARIO. TENSIONADO. AL. ANILLO
- 16. BLOQUE. AL. ANILLO. PATA
- 17. TUBO. SUELO



- 1. FICHAJE
- 2. GUA ANILLO
- 3. ANILLO DE TENSIONADO
- 4. BITE TIRE + FIST. TENSION y ABRO. BLOQUE
- 5. DETECTOR. MANUEL ALICADO A 100. PATA
- 6. DETECTOR. TENSIONADO
- 7. SISTEMA. ESTADO. SINTON. EPDM. VENTIL.
- 8. PERIL. PARED. TACET. CUBO. AL. ANILLO. PATA
- 9. CUBO. AL. 2m. CONCRETO y ANILLO. PATA. PATA
- 10. LAMA. ANILLO. INTERIOR
- 11. PERIL. PARED. VENTIL. AL. ANILLO. PATA
- 12. ANILLO. LAMINADO. PATA. ALICADO. VENTIL.
- 13. LAMA. DE. BOTA
- 14. LAMA. DUTILICA. ANILLO. INTERIOR
- 15. PERIL. COMPLEMENTARIO. TENSIONADO. AL. ANILLO
- 16. BLOQUE. AL. ANILLO. PATA
- 17. TUBO. SUELO



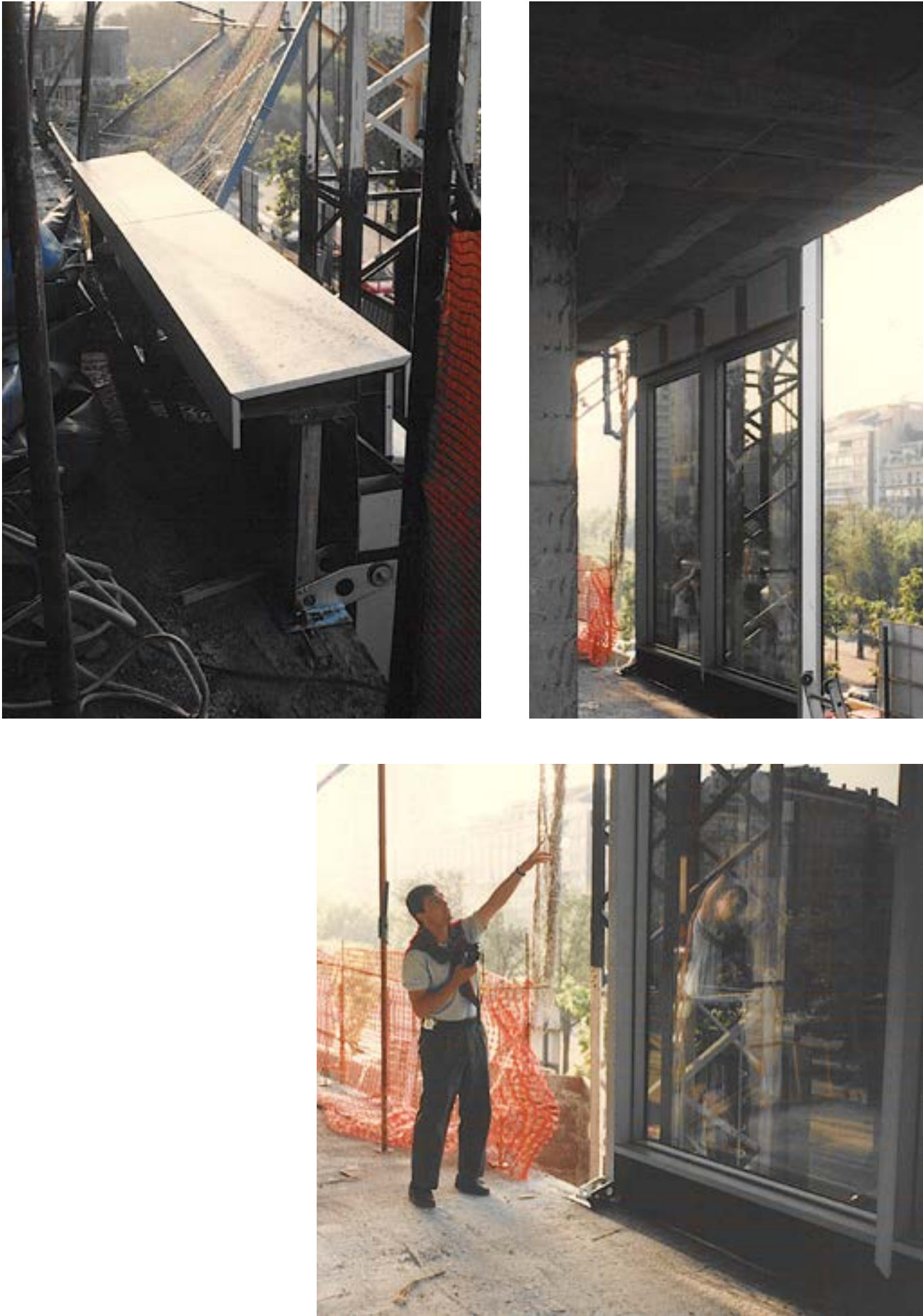
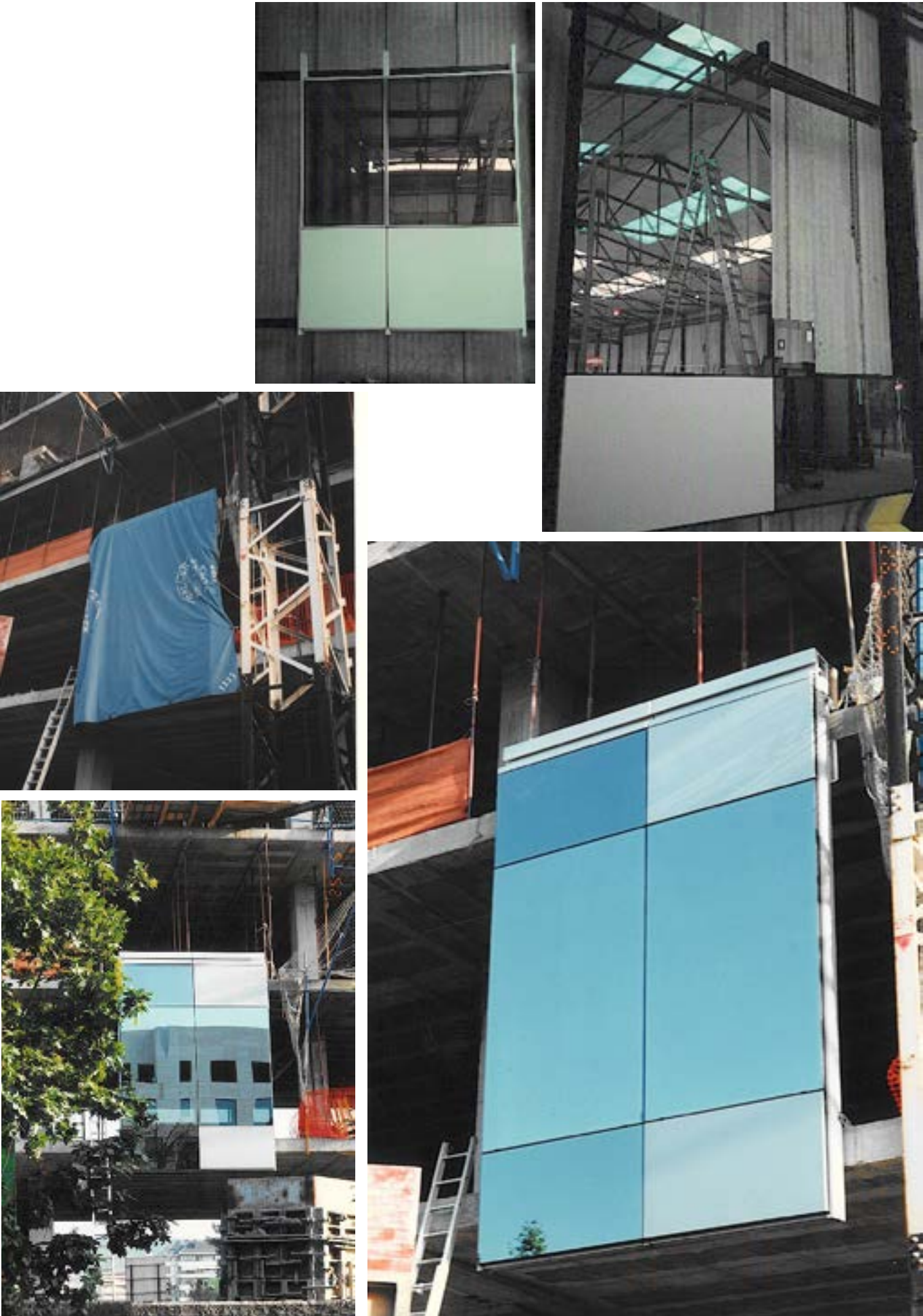


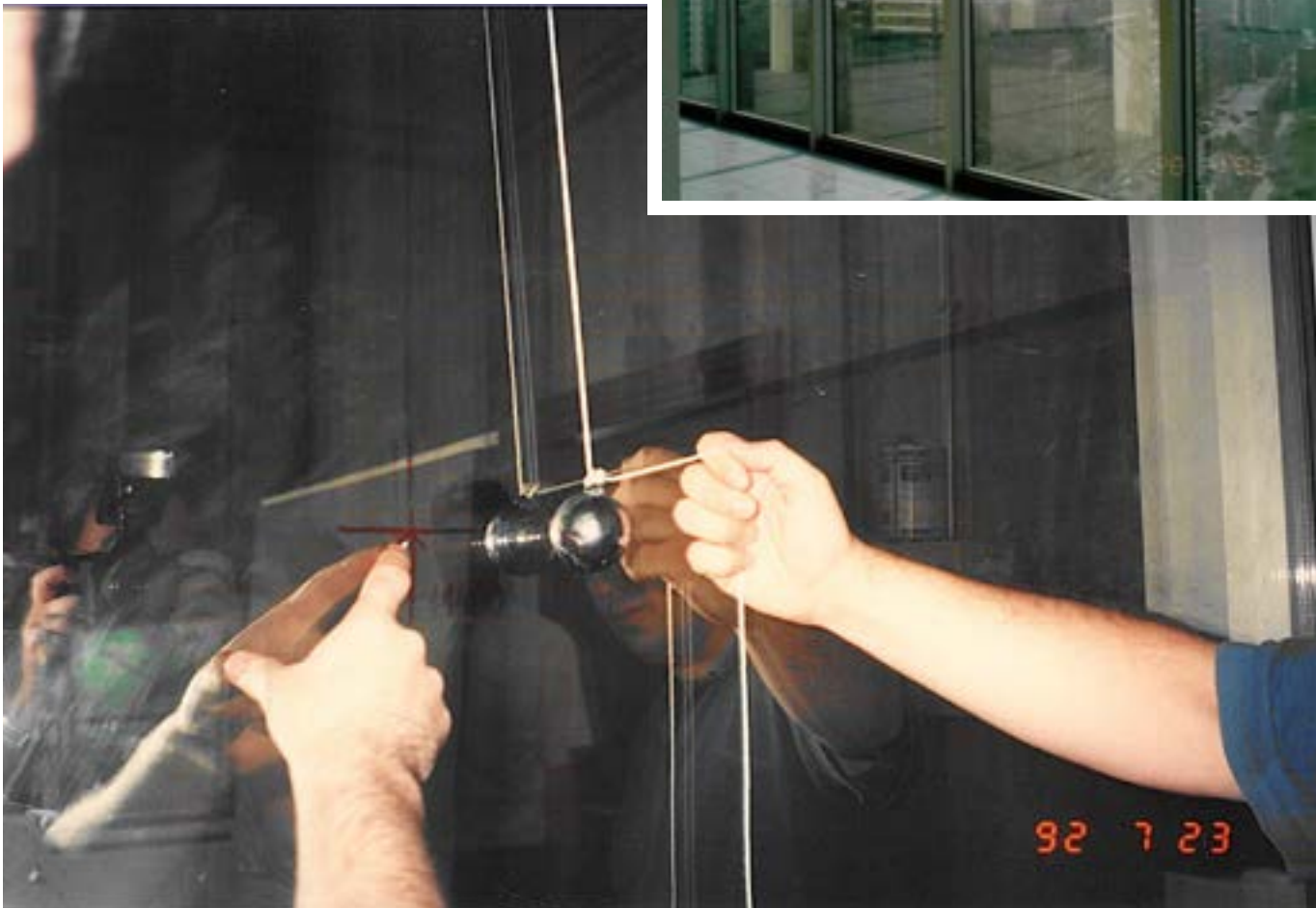
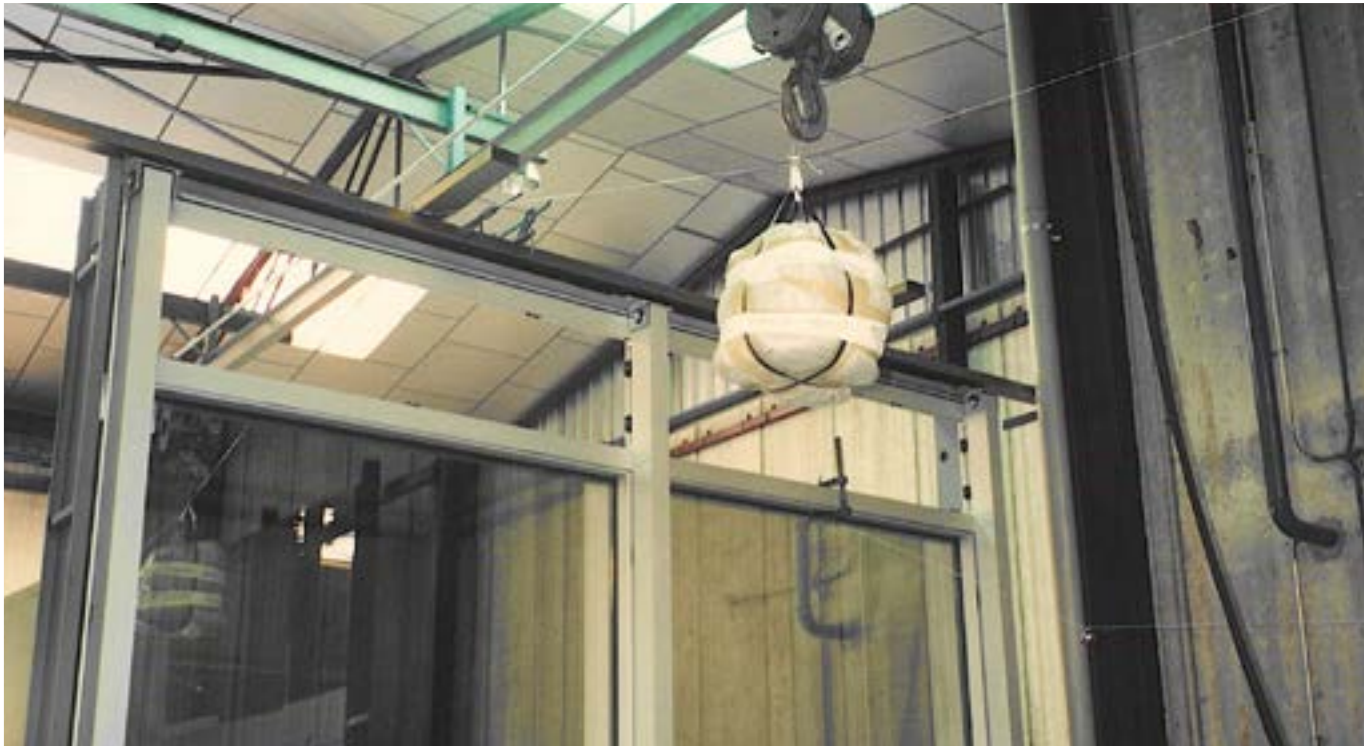


20 Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y productos. El nudo



21 Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y productos. El nudo













32 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares 33

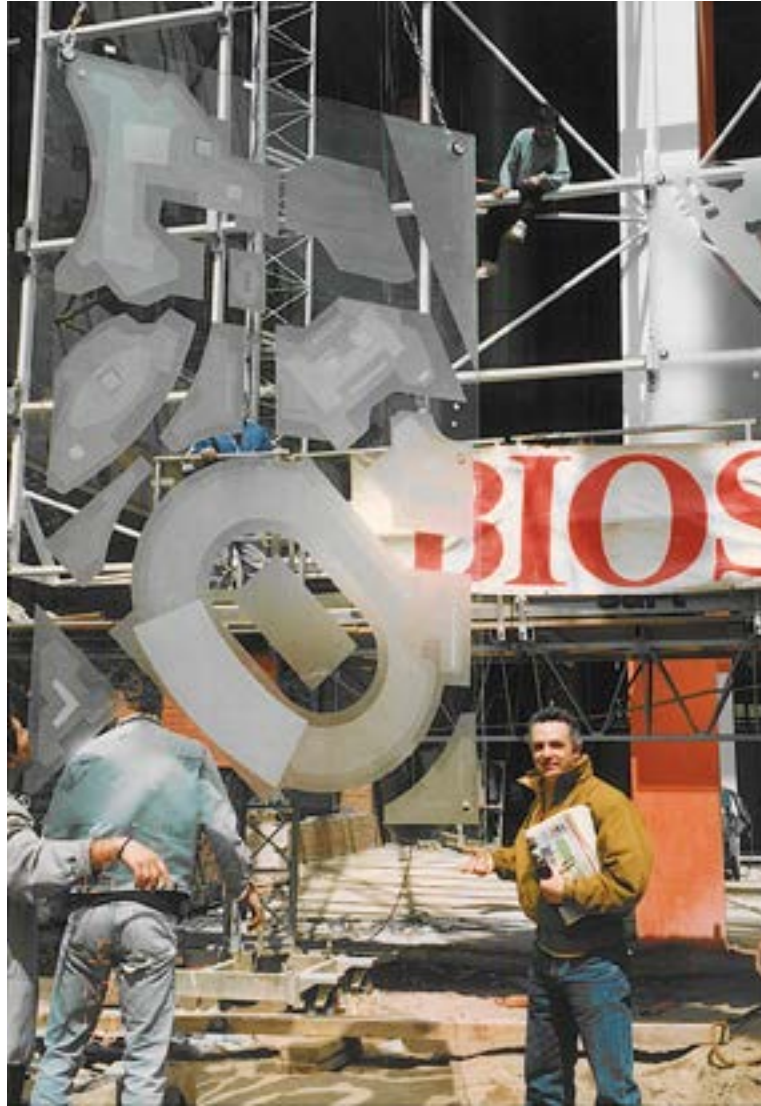


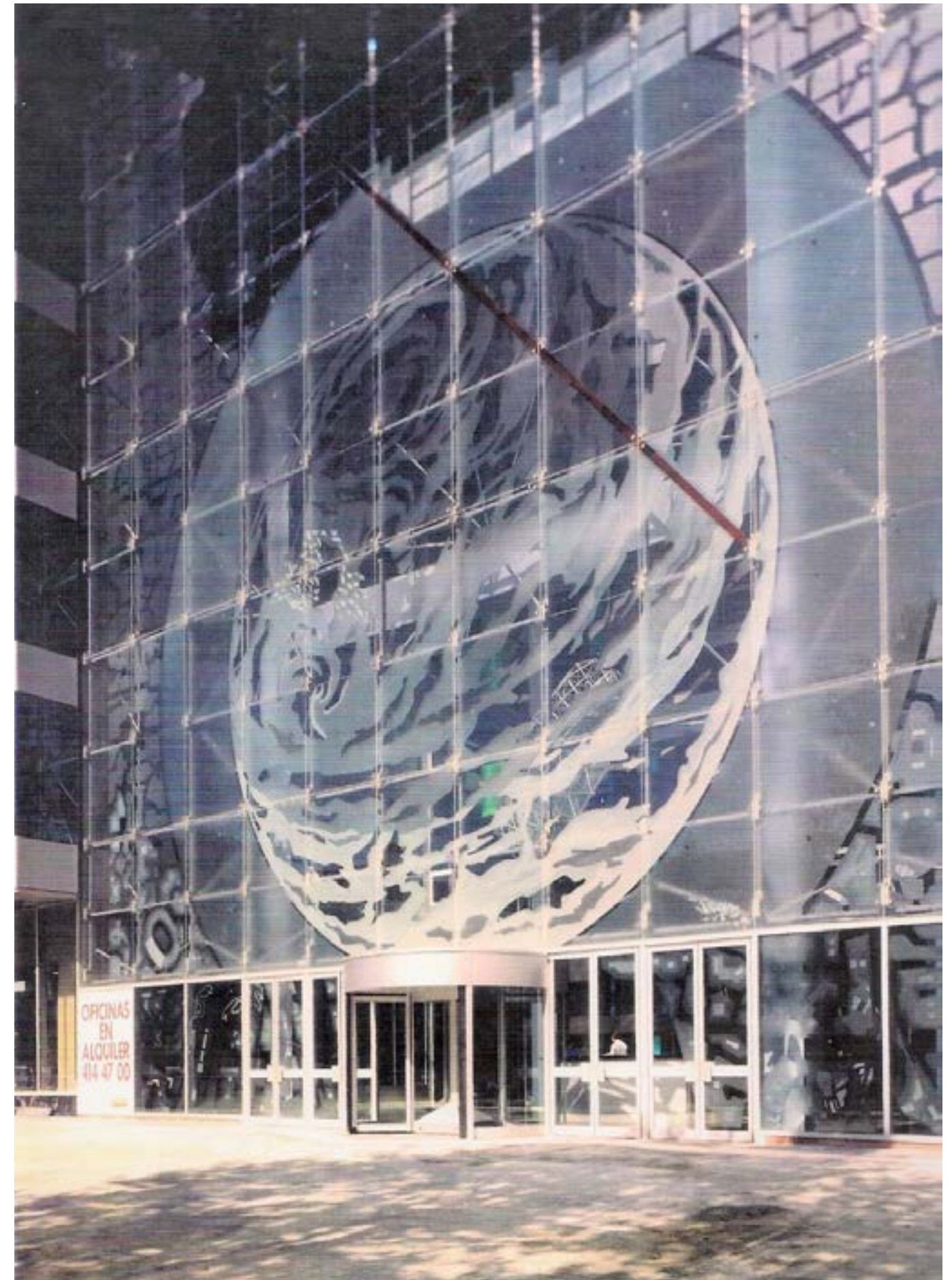
34 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

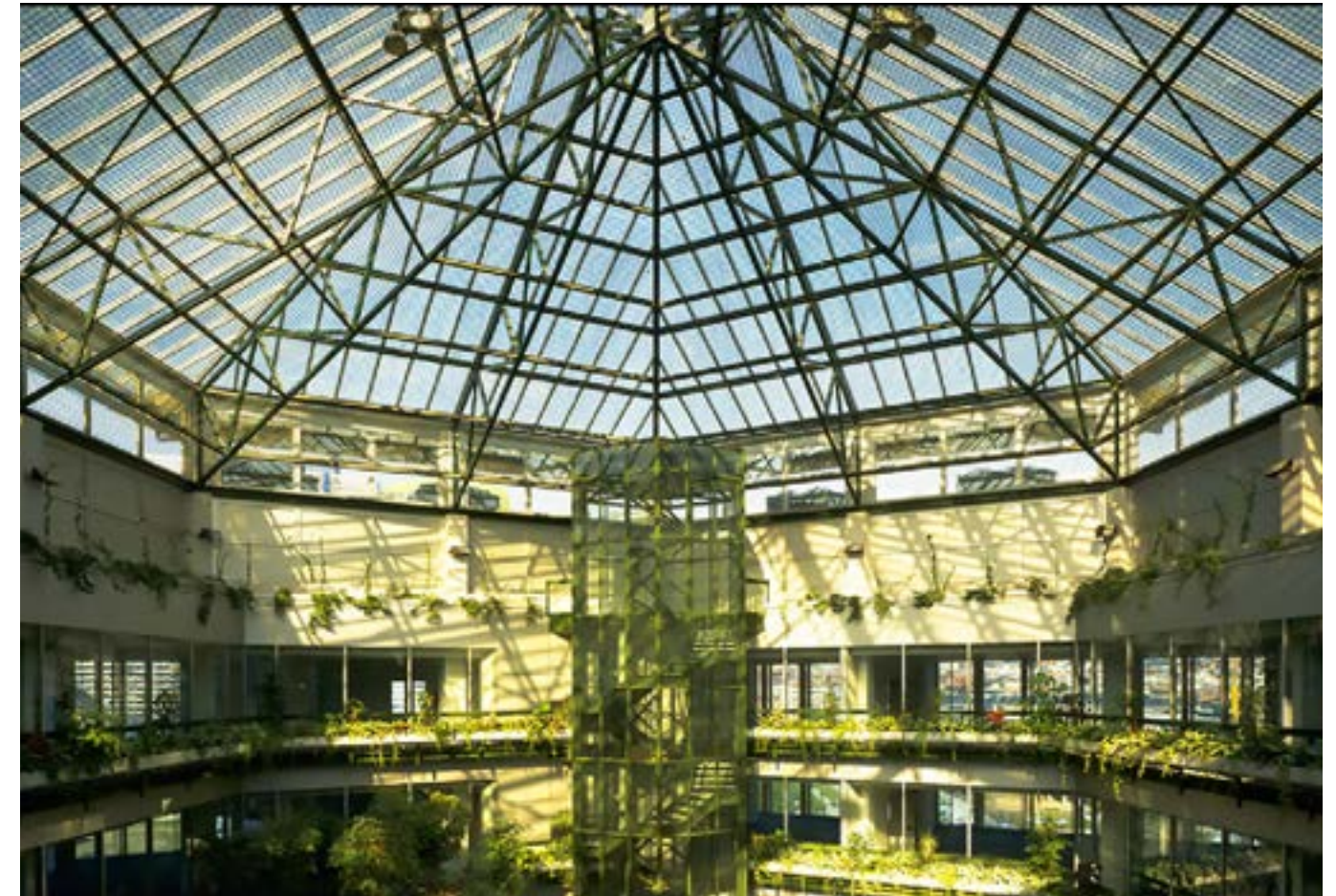
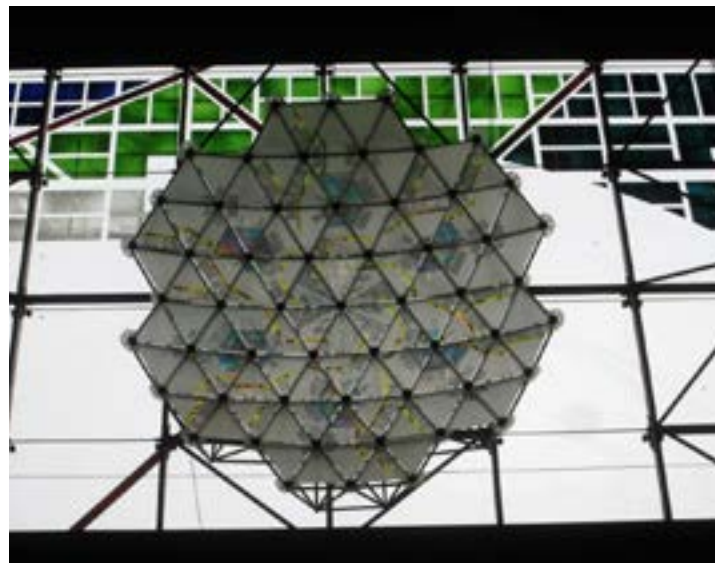


Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



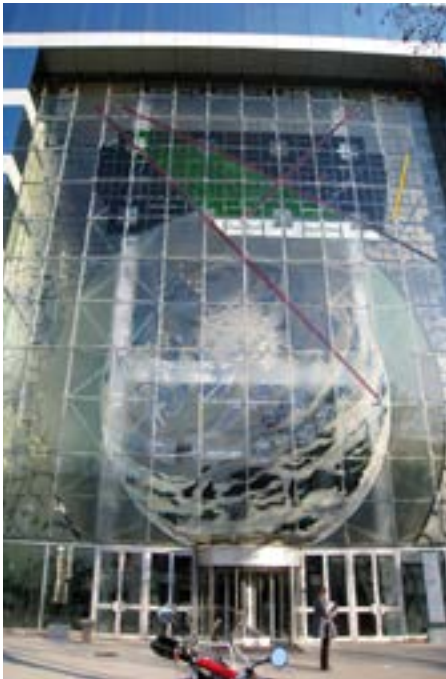




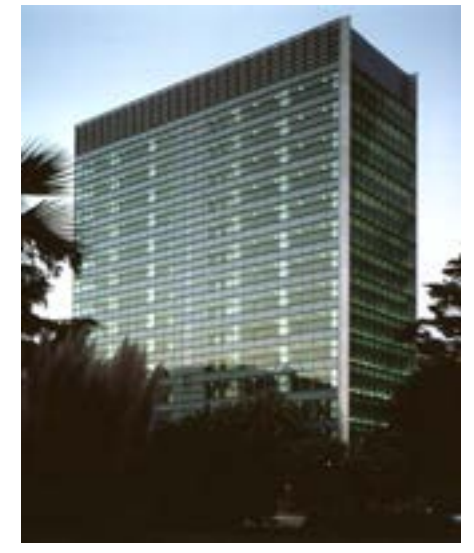
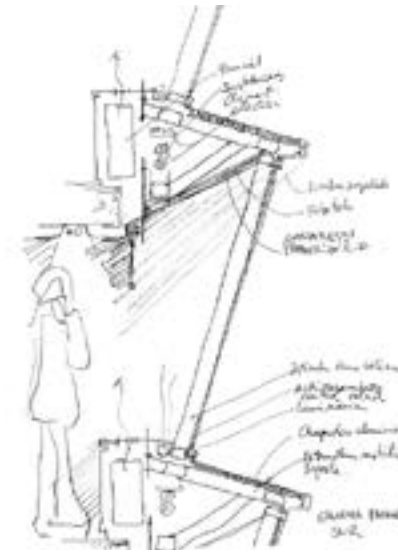












Estudio de Caso nº 2

DIAGONAL 682
BARCELONA.

REHABILITACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIO DE OFICINAS EN LA AV. DIAGONAL 682, BCN.

Arquitectos:
TAC Arquitectes – Eduard Gascón

Proyecto de ejecución y dirección de obra de fachadas:
Xavier Ferrés.
Biosca & Botey Arquitectura

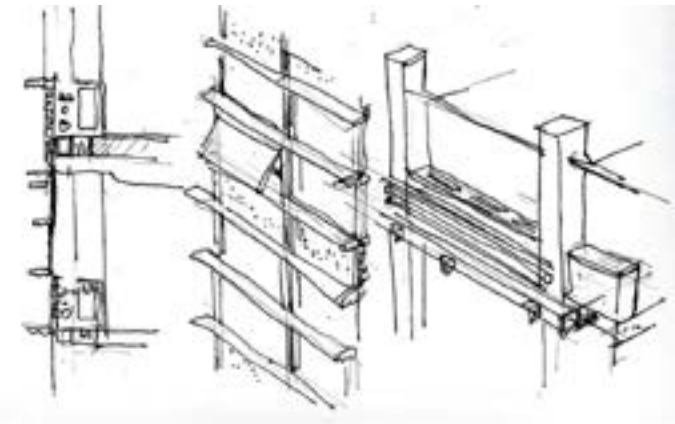
Superficie Edificio:
9.500m2

Superficie fachada:
3.100m2

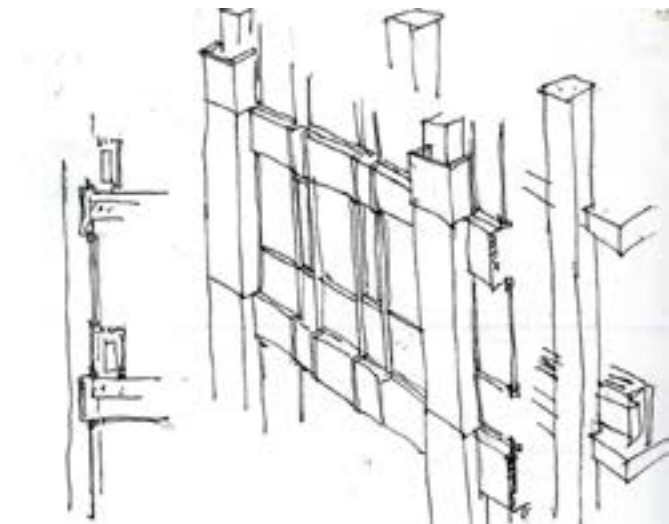
Año:
1998 - 1999

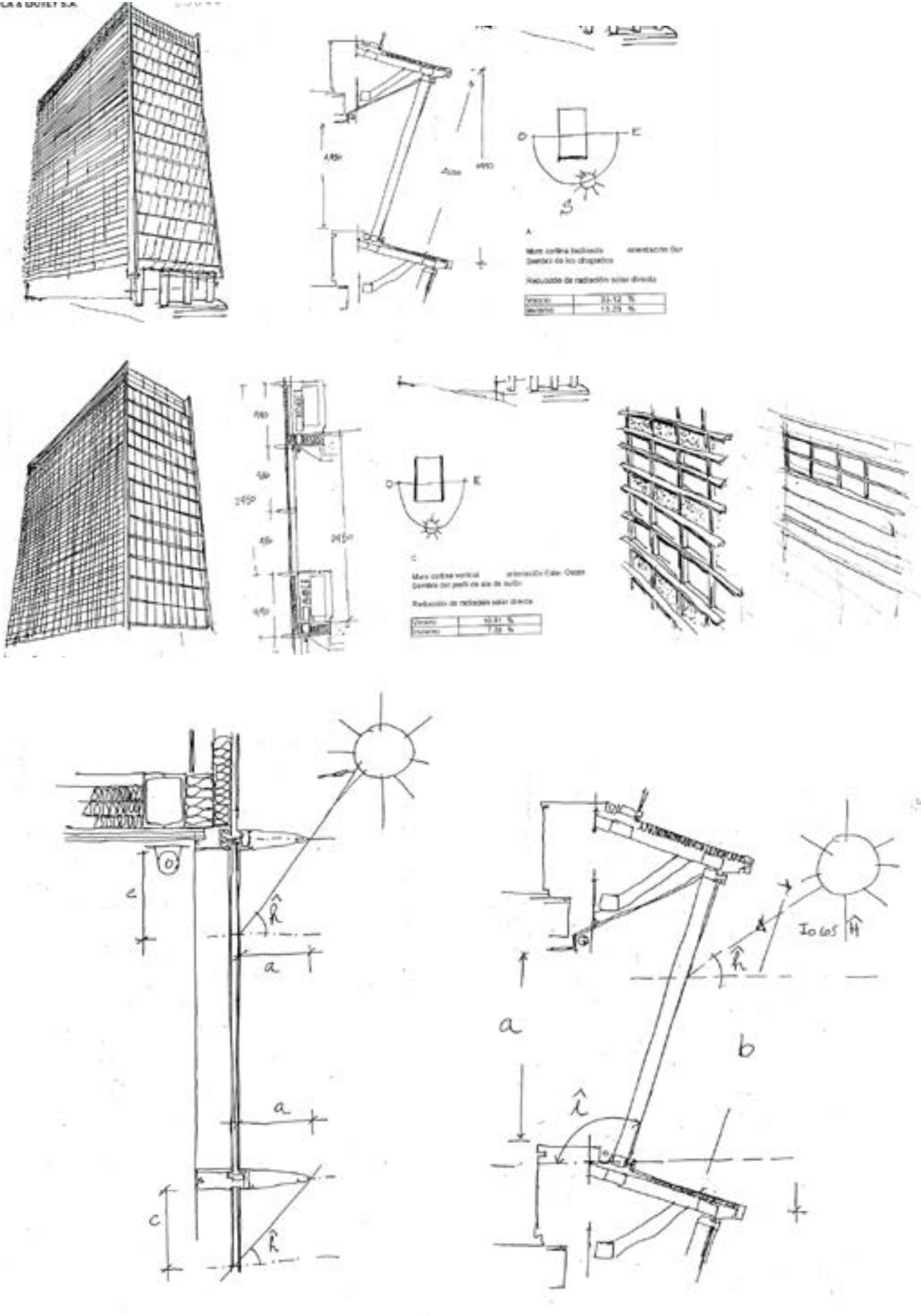
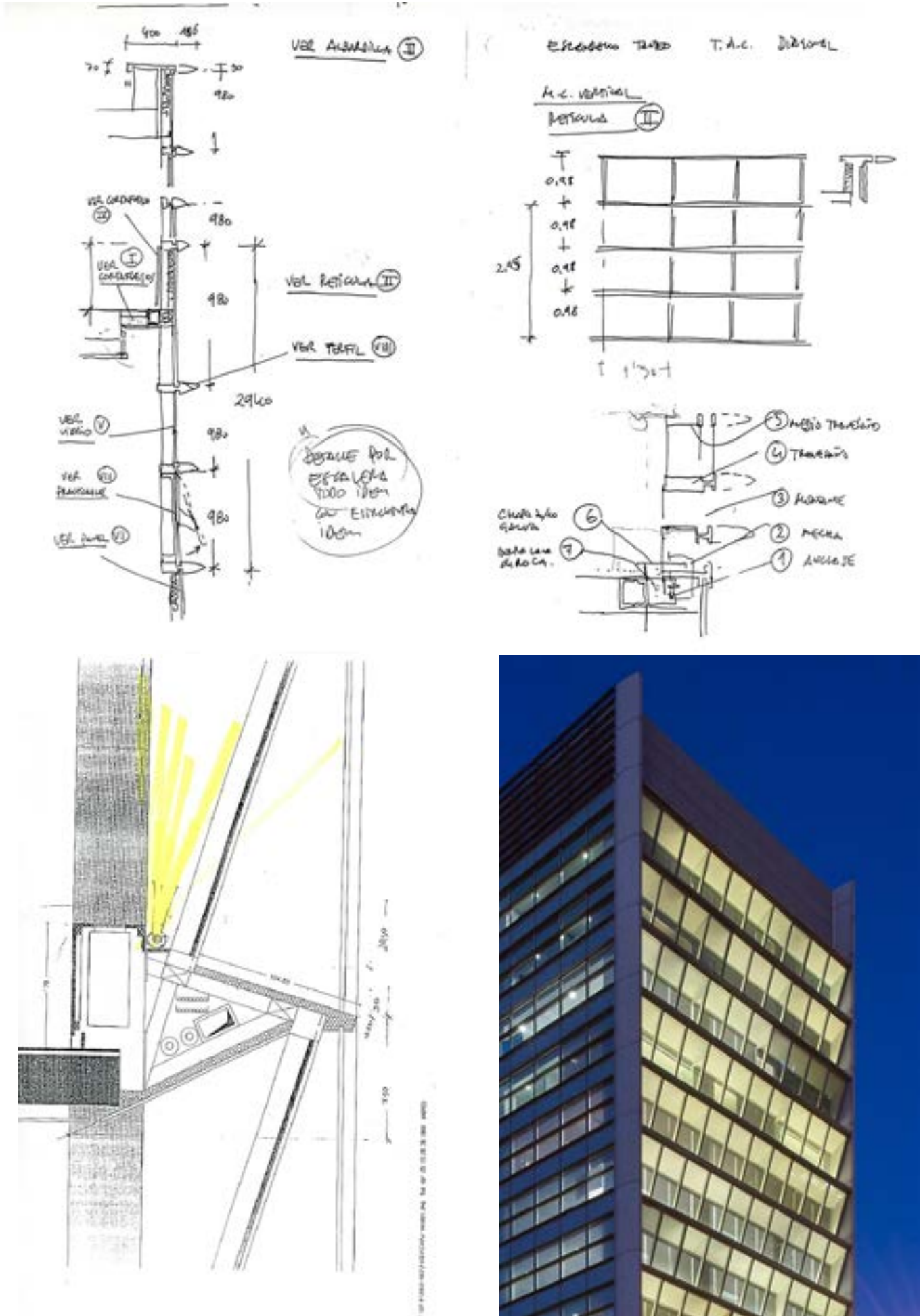
Constructor fachada:
Acieroid

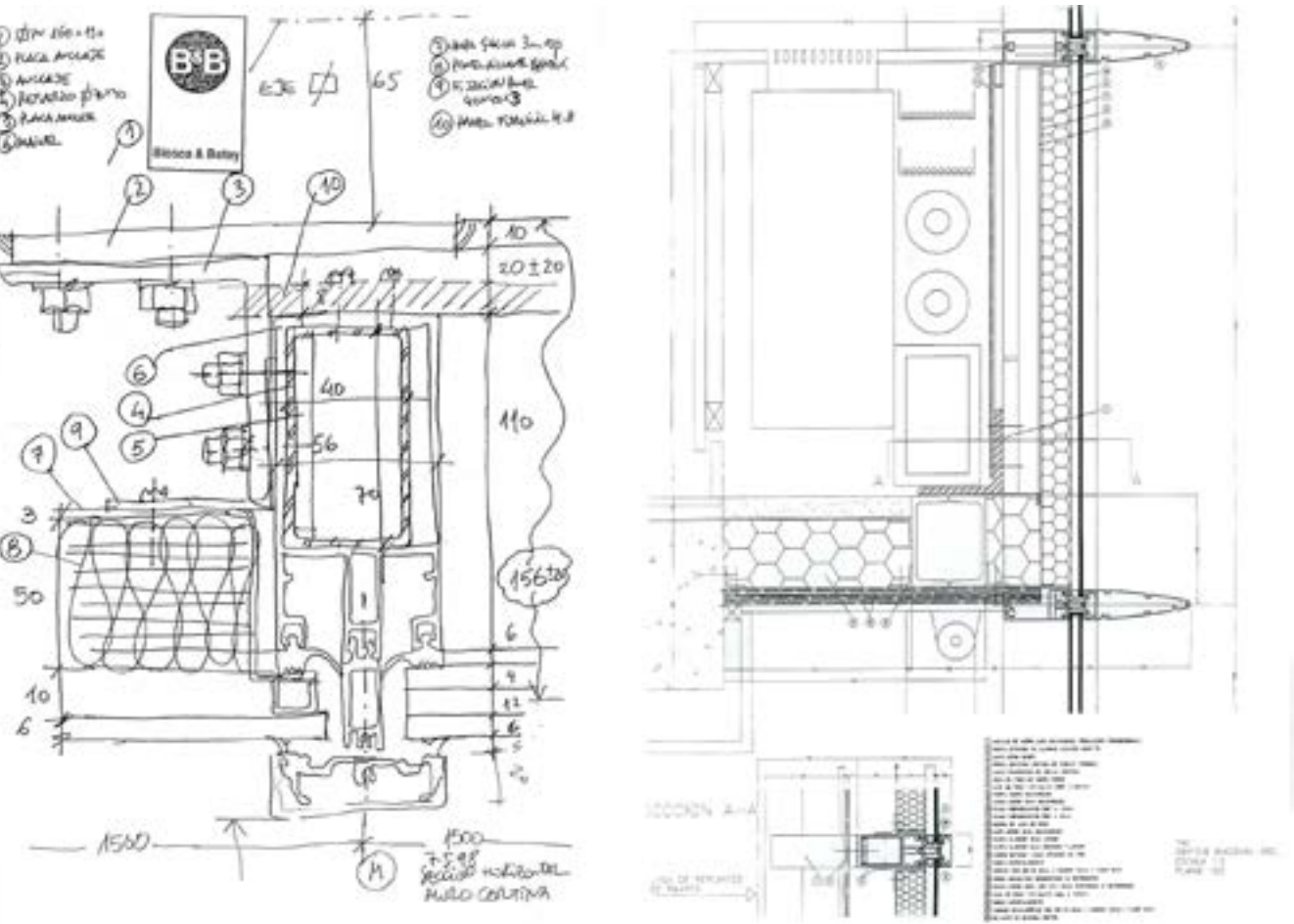
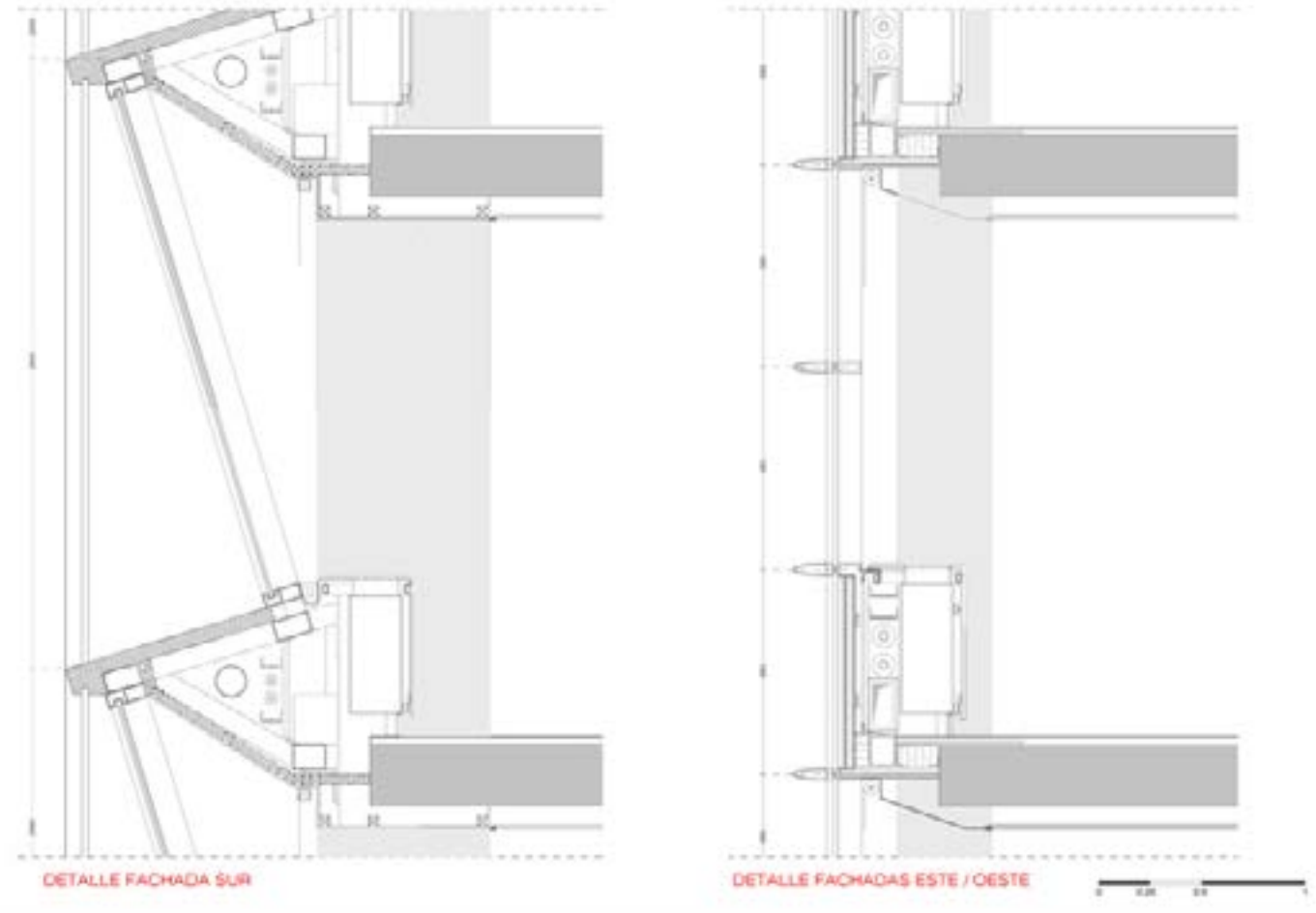
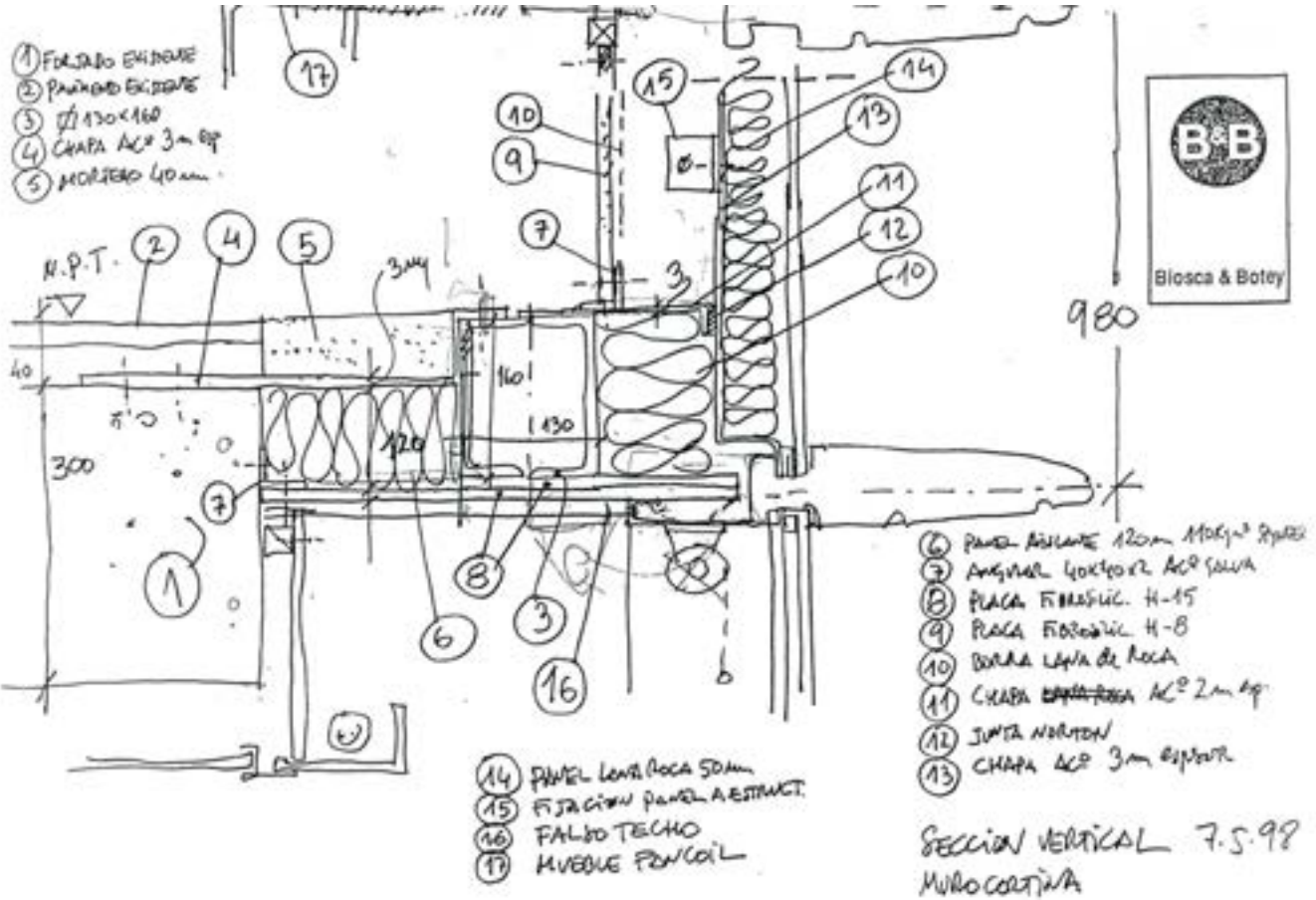
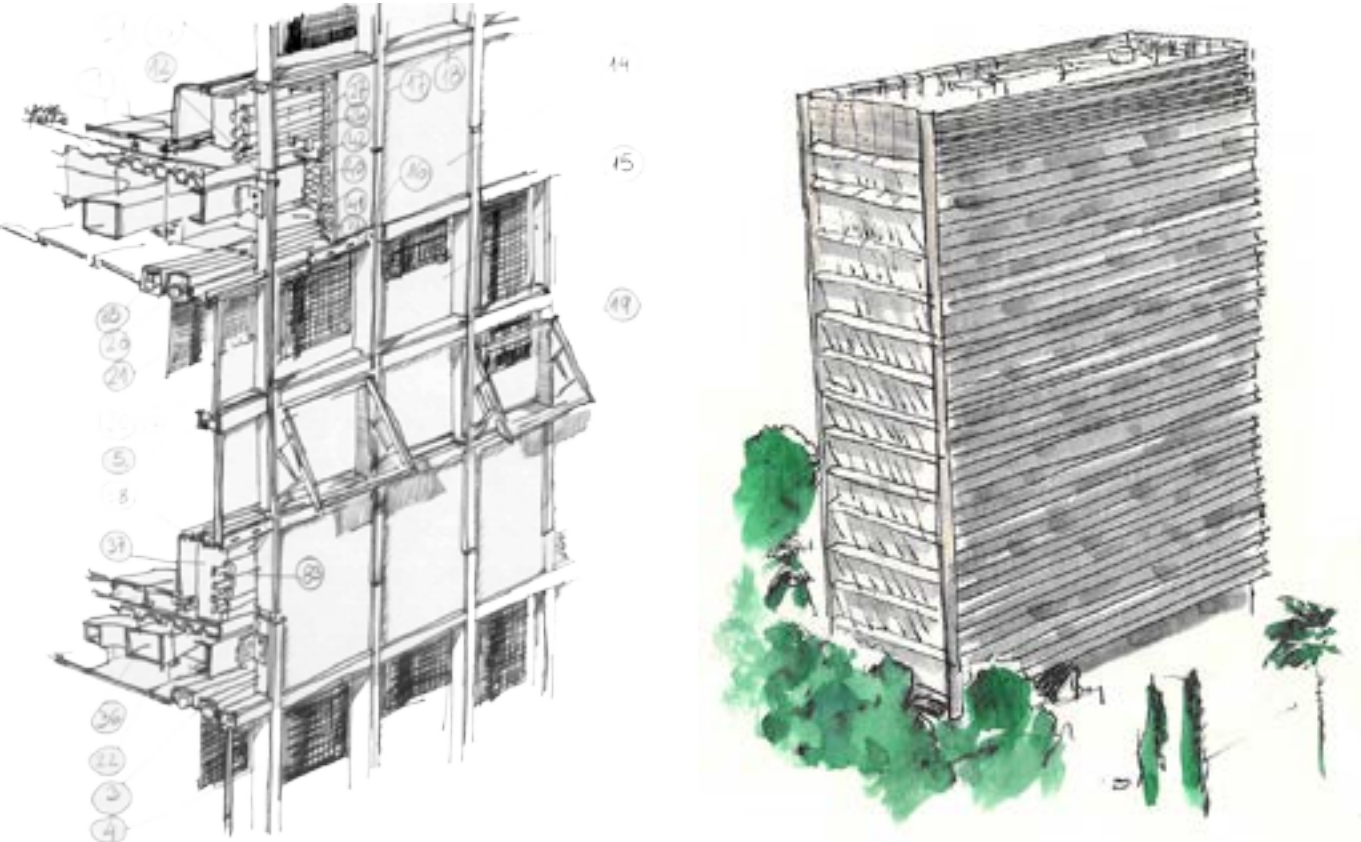


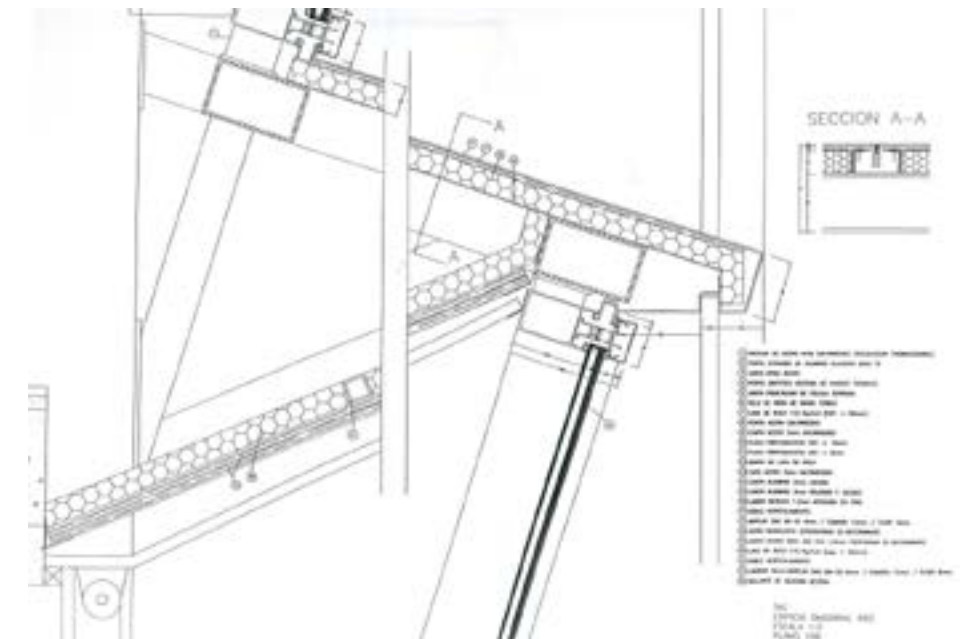
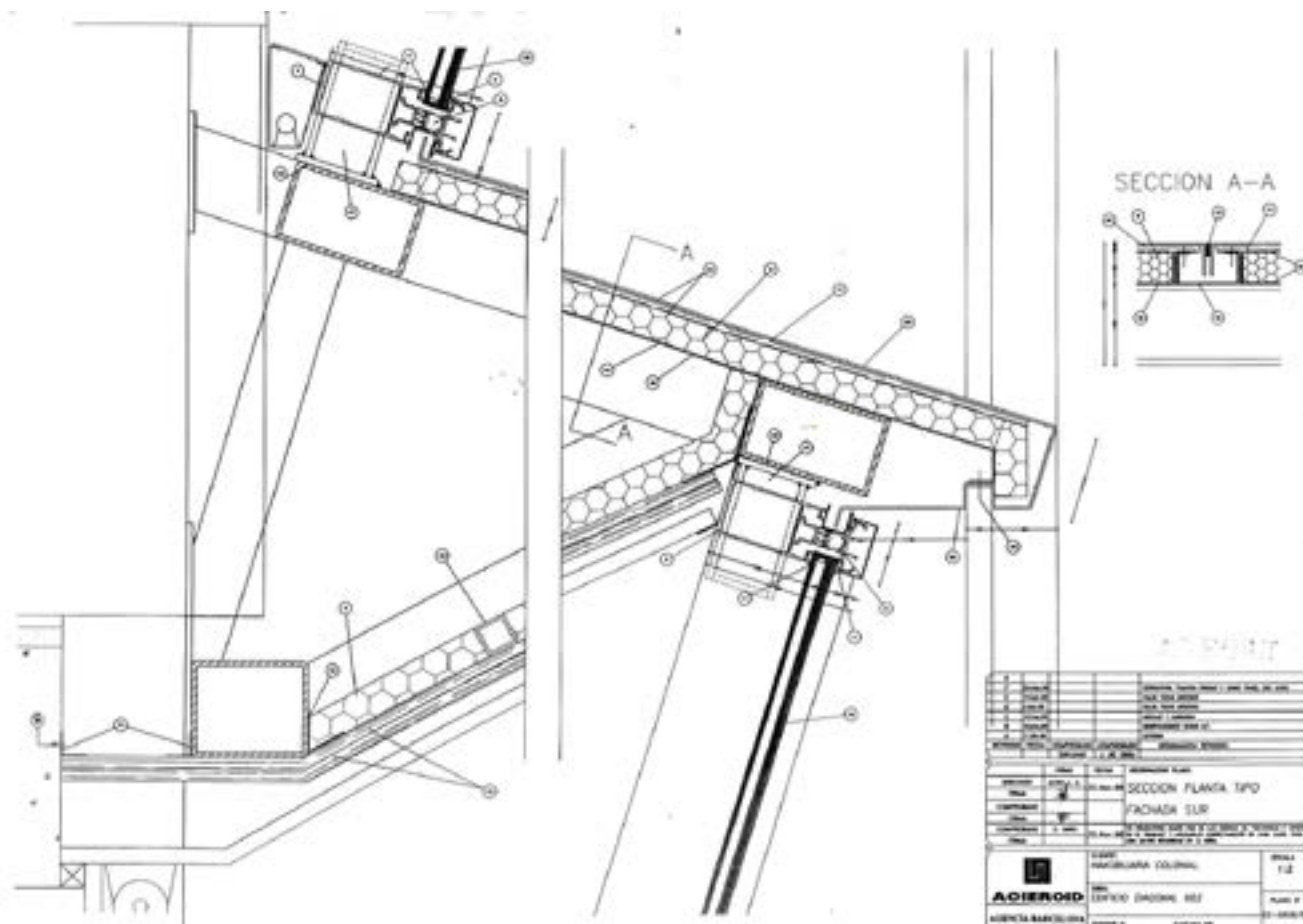
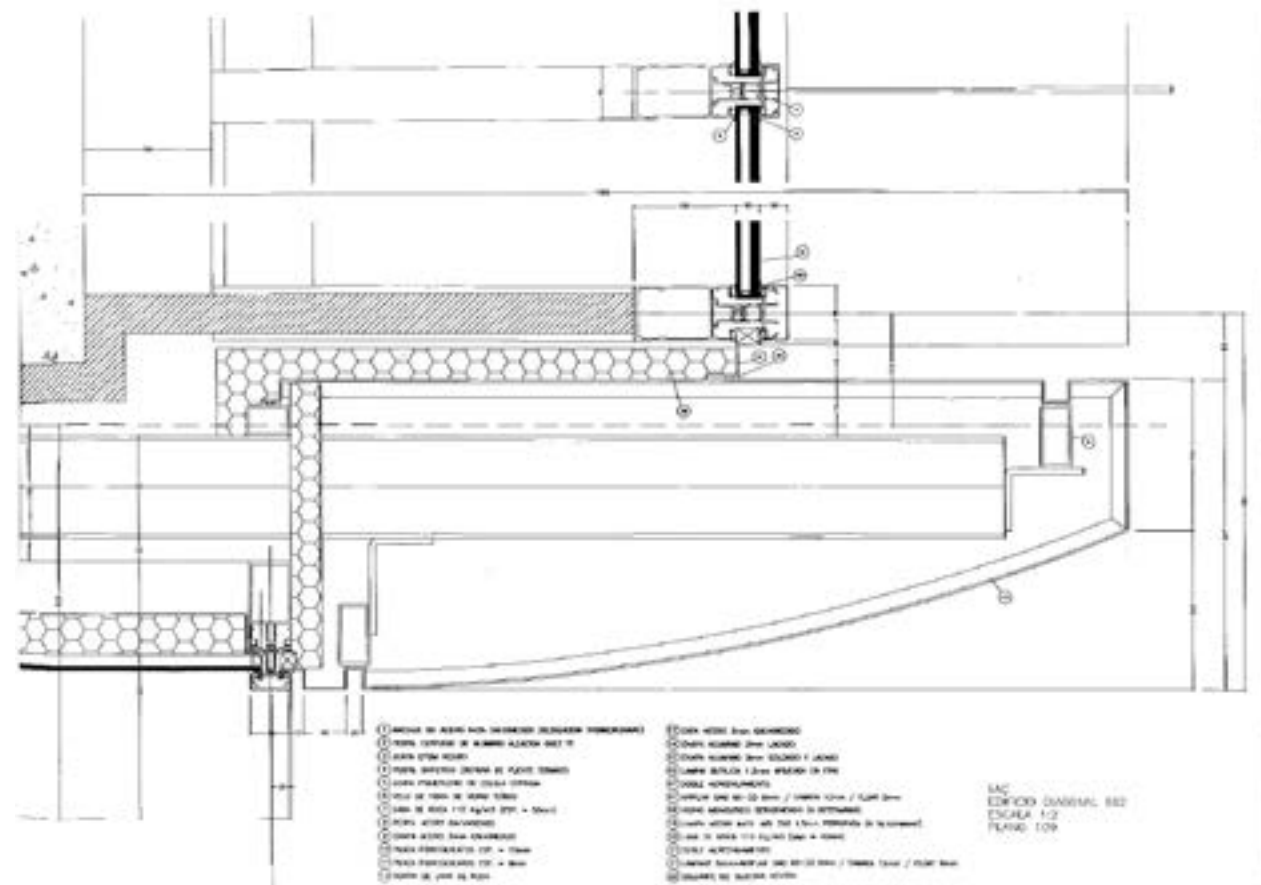


mantener imagen original					
cambio de imagen					
mantener concepto original					
actualización de prestaciones					
mantener sistema constructivo					
cambio radical de sistema constructivo					
	reparación	restauración	sustitución parcial	overcladding	recladding















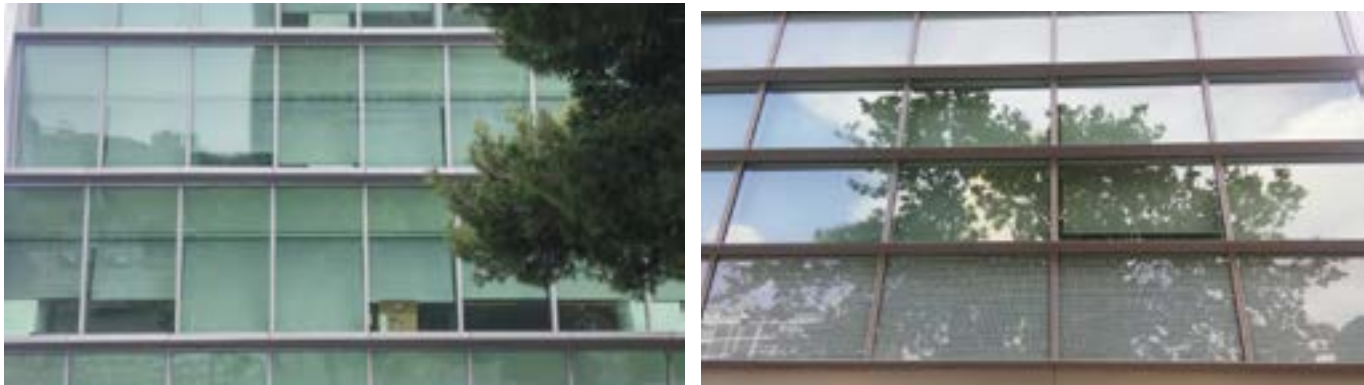


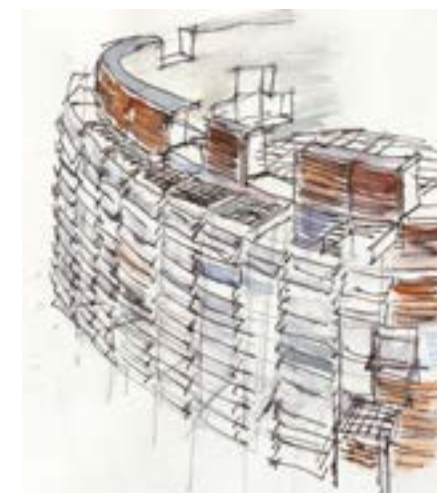
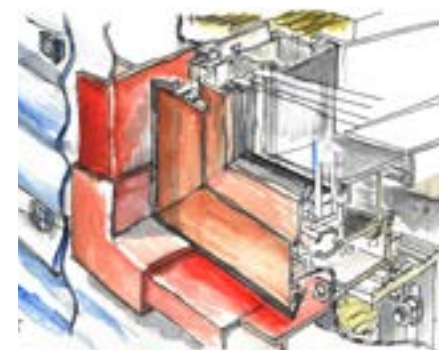
Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra acabada







Estudio de Caso nº **3**

TORRE AGBAR
22@ BARCELONA.

TORRE AGBAR

Arquitectos:
Ateliers Jean Nouvel
b720 Fermín Vázquez Arquitectos

Consultoría de fachadas:
Xavier Ferrés.
Biosca & Botey Arquitectura

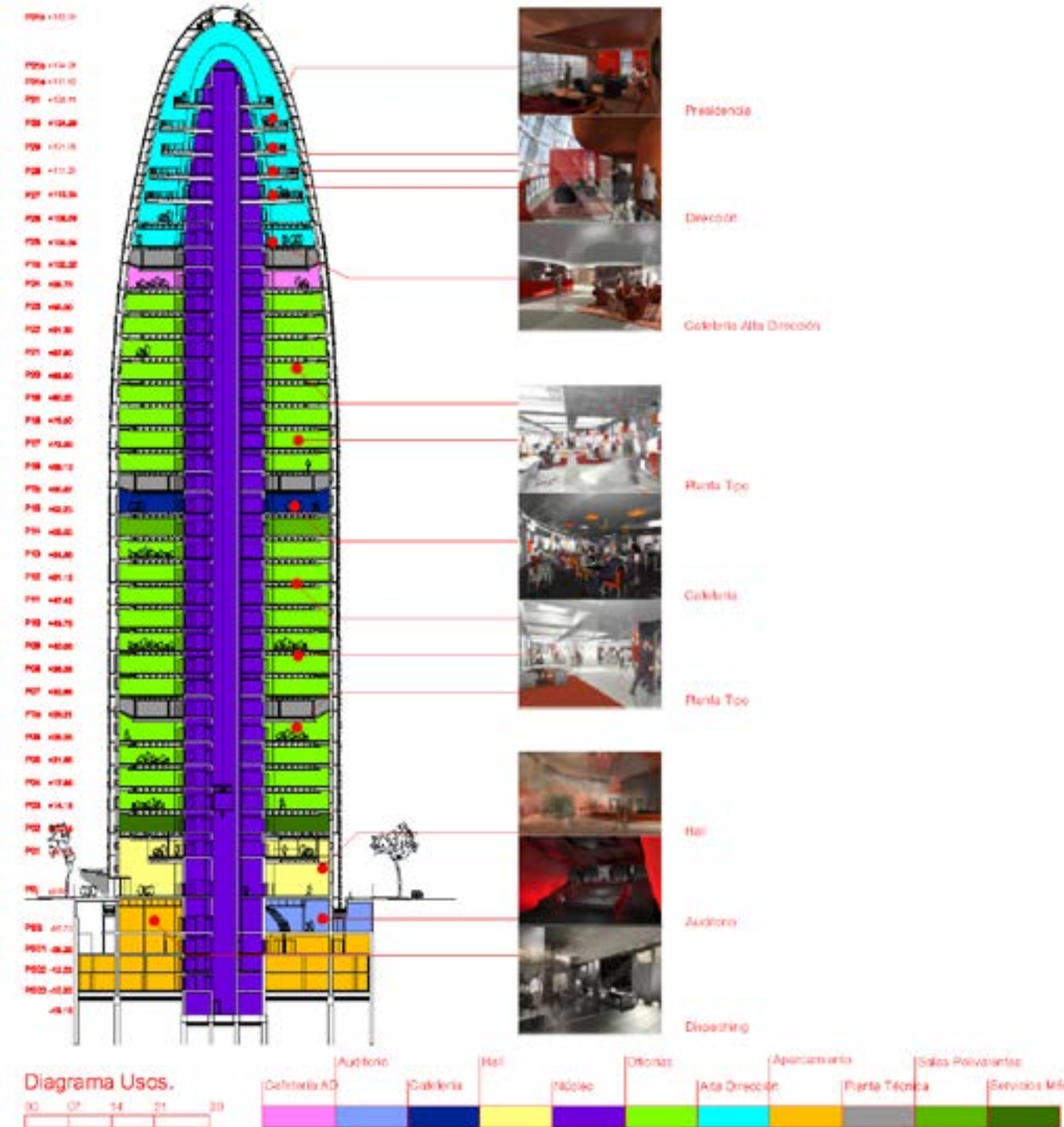
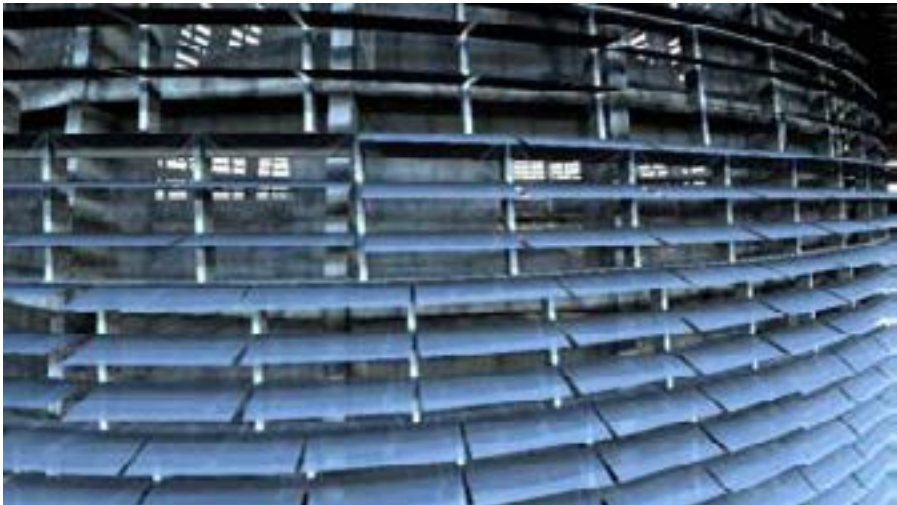
Año: 2002 - 2004

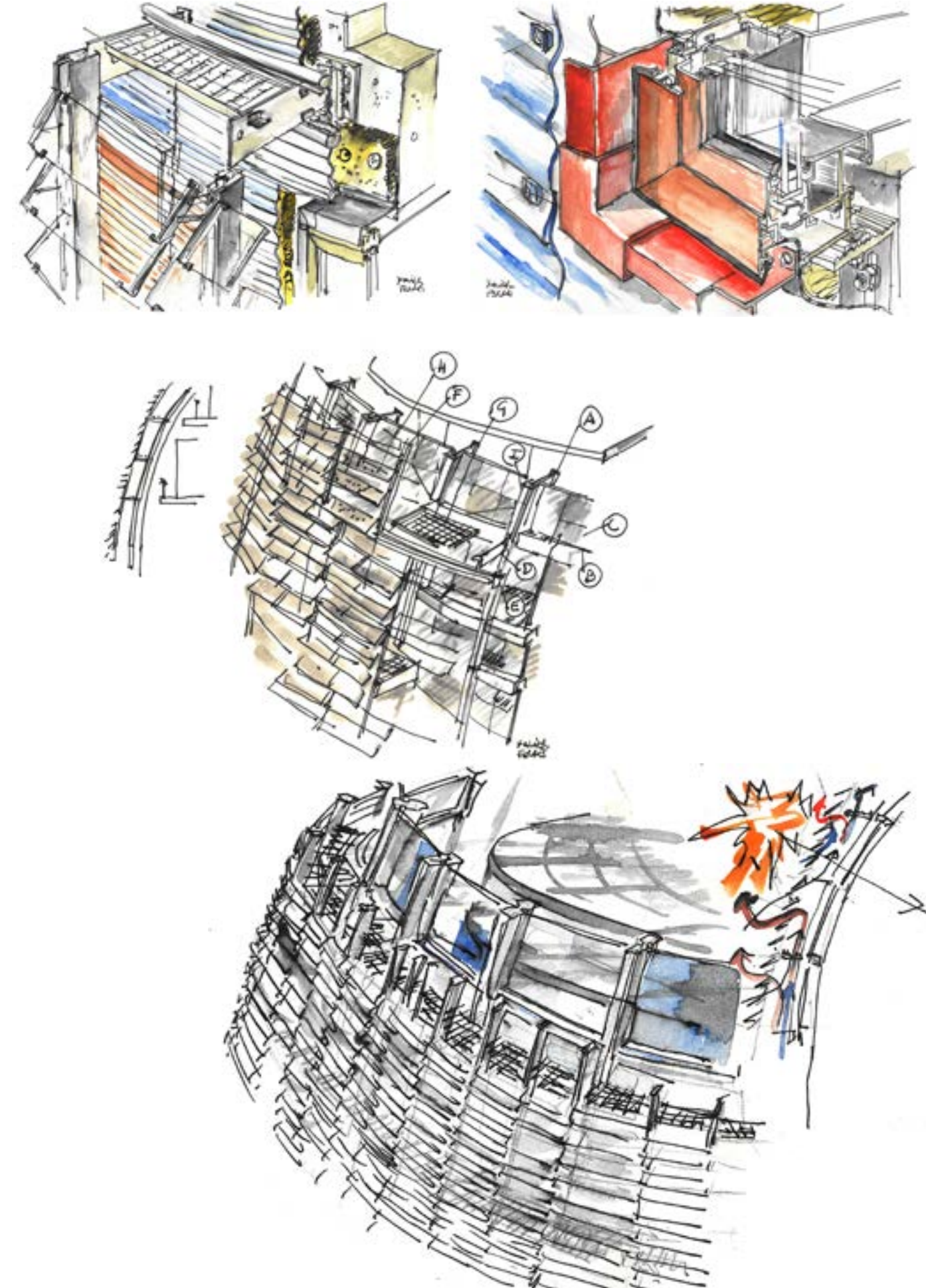
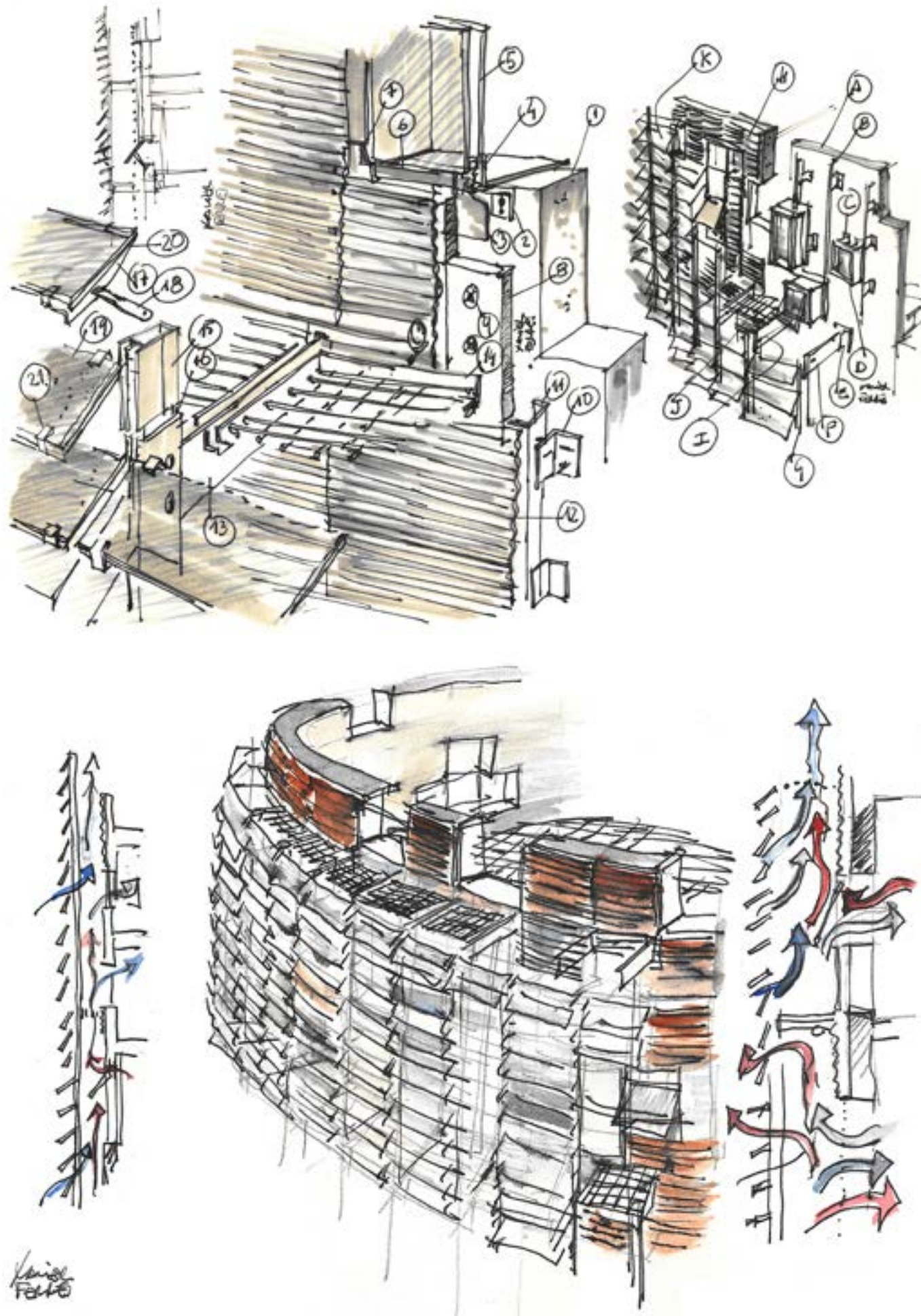
Superficie de la obra:
50.906 m2

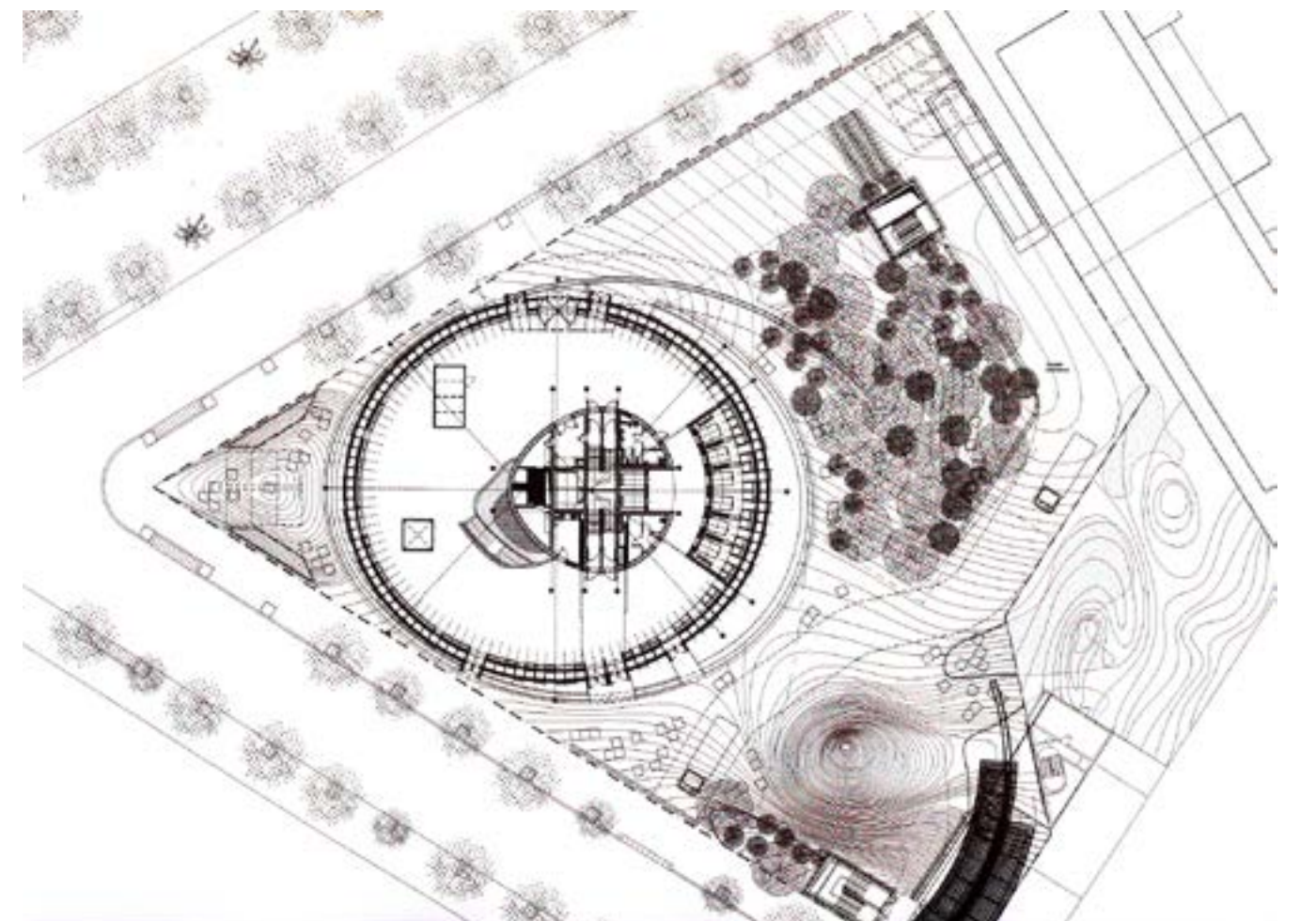
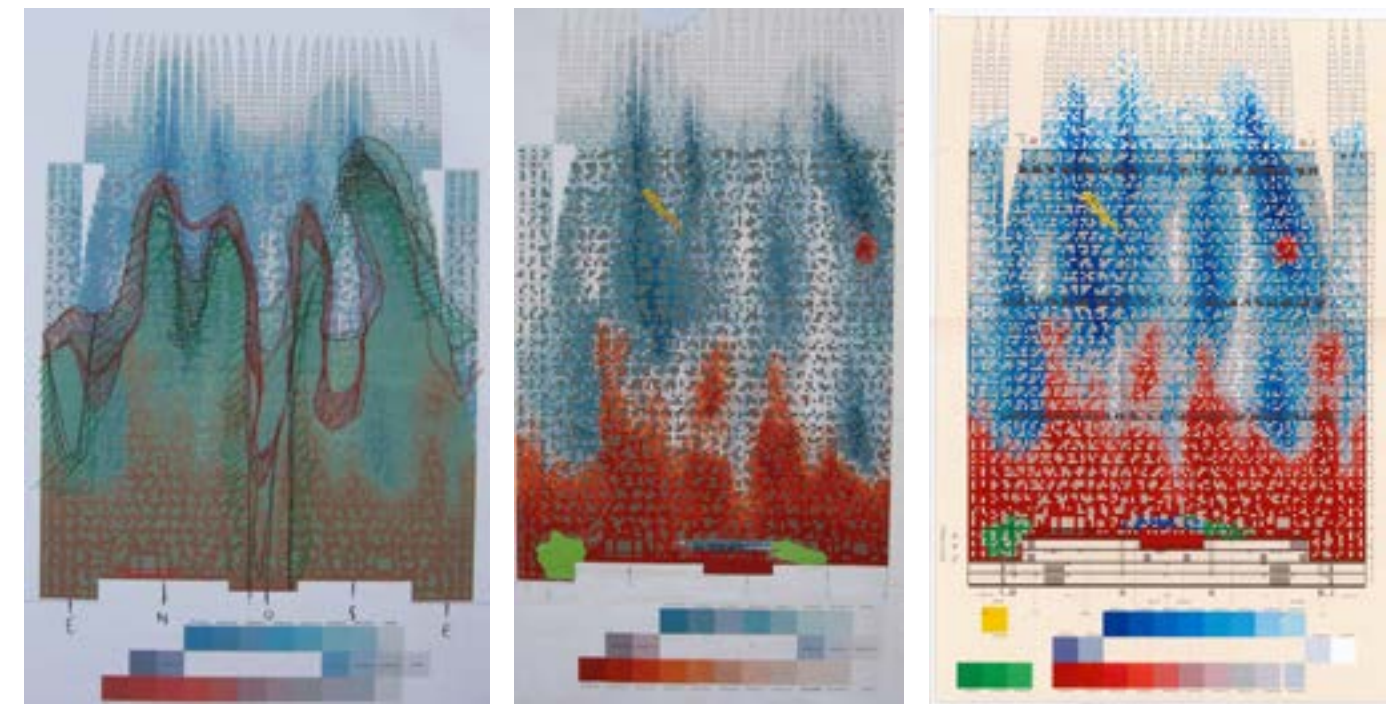
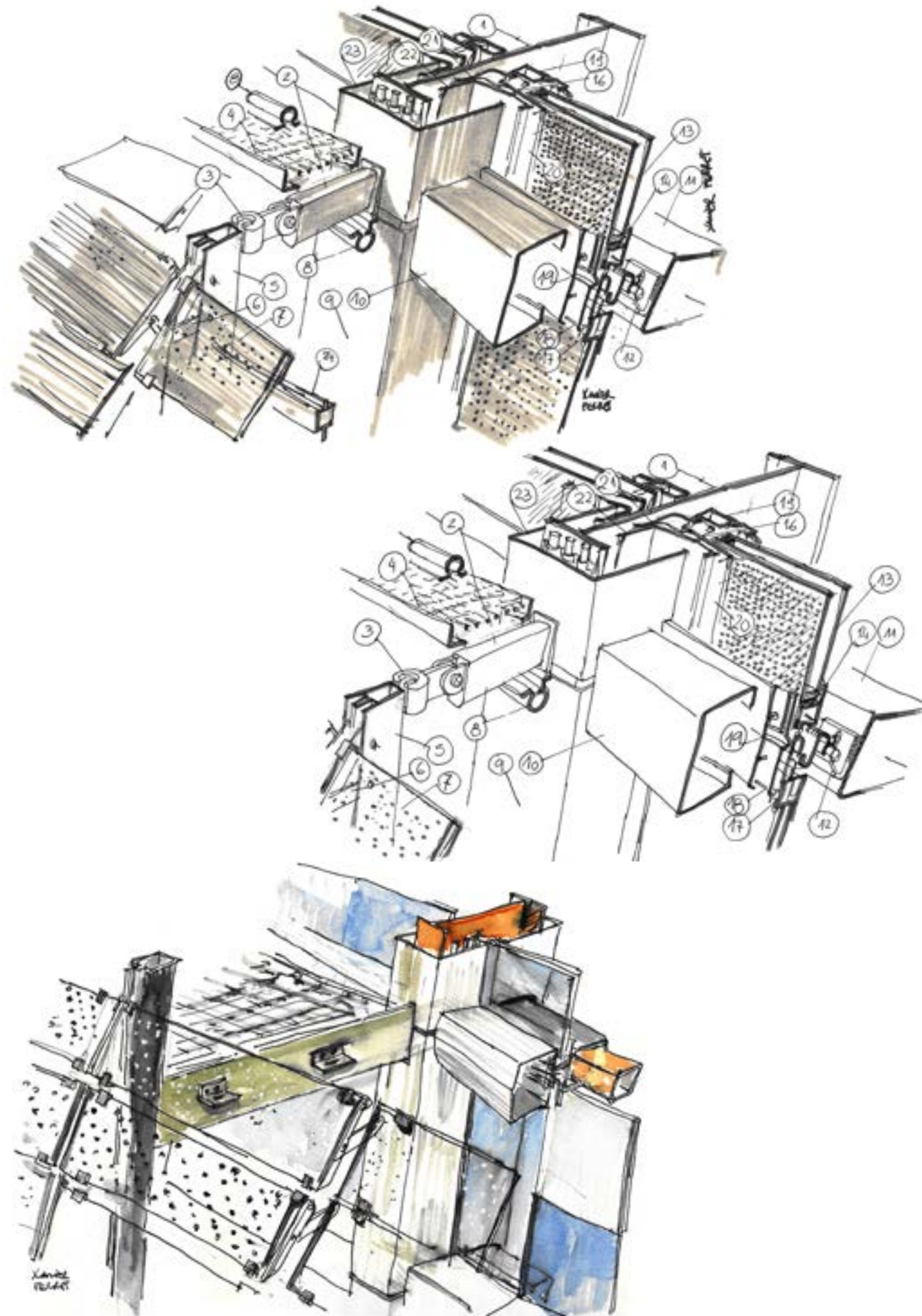
Superficie de fachada:
17.000m2 doble piel; 34.000m2.

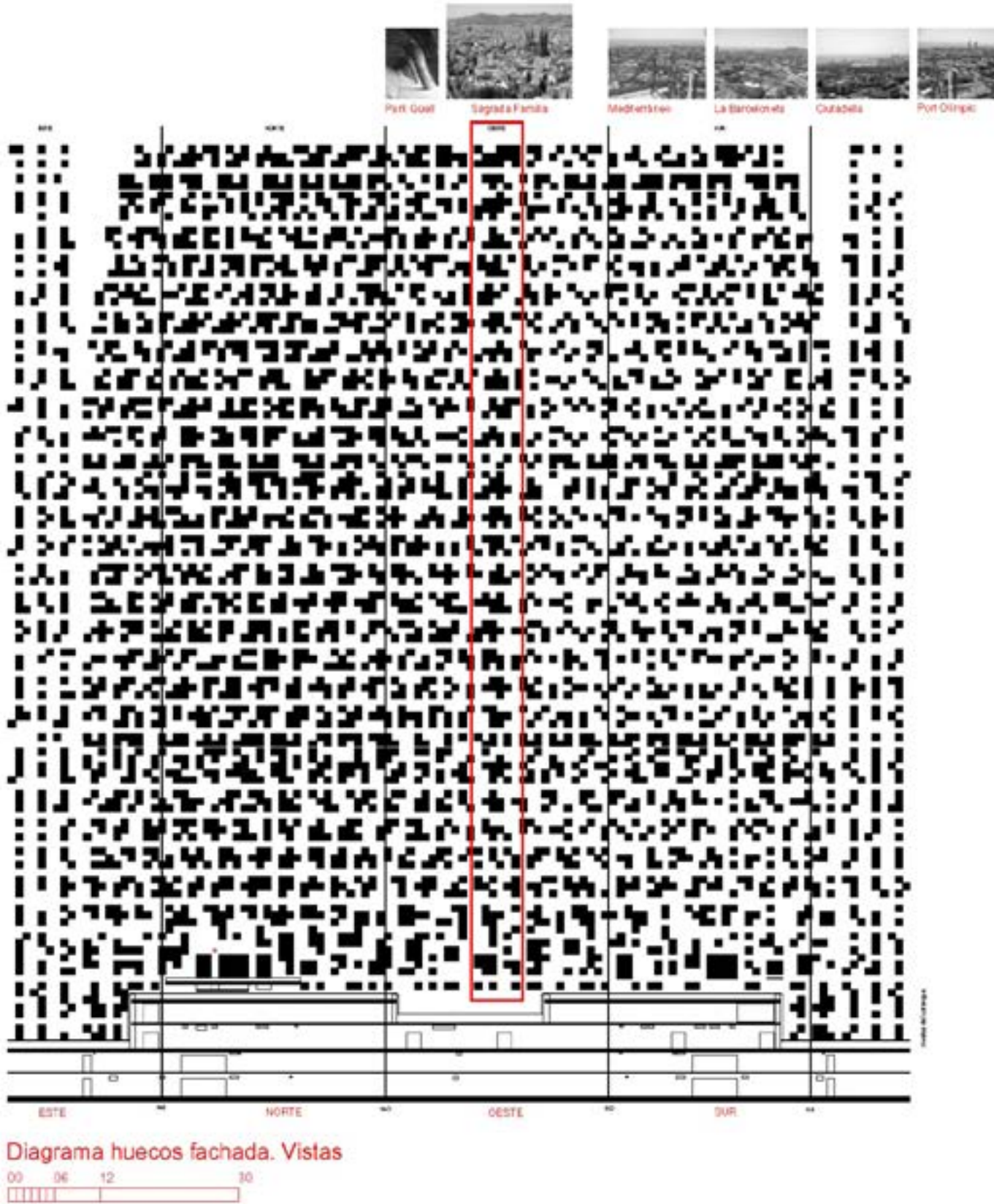
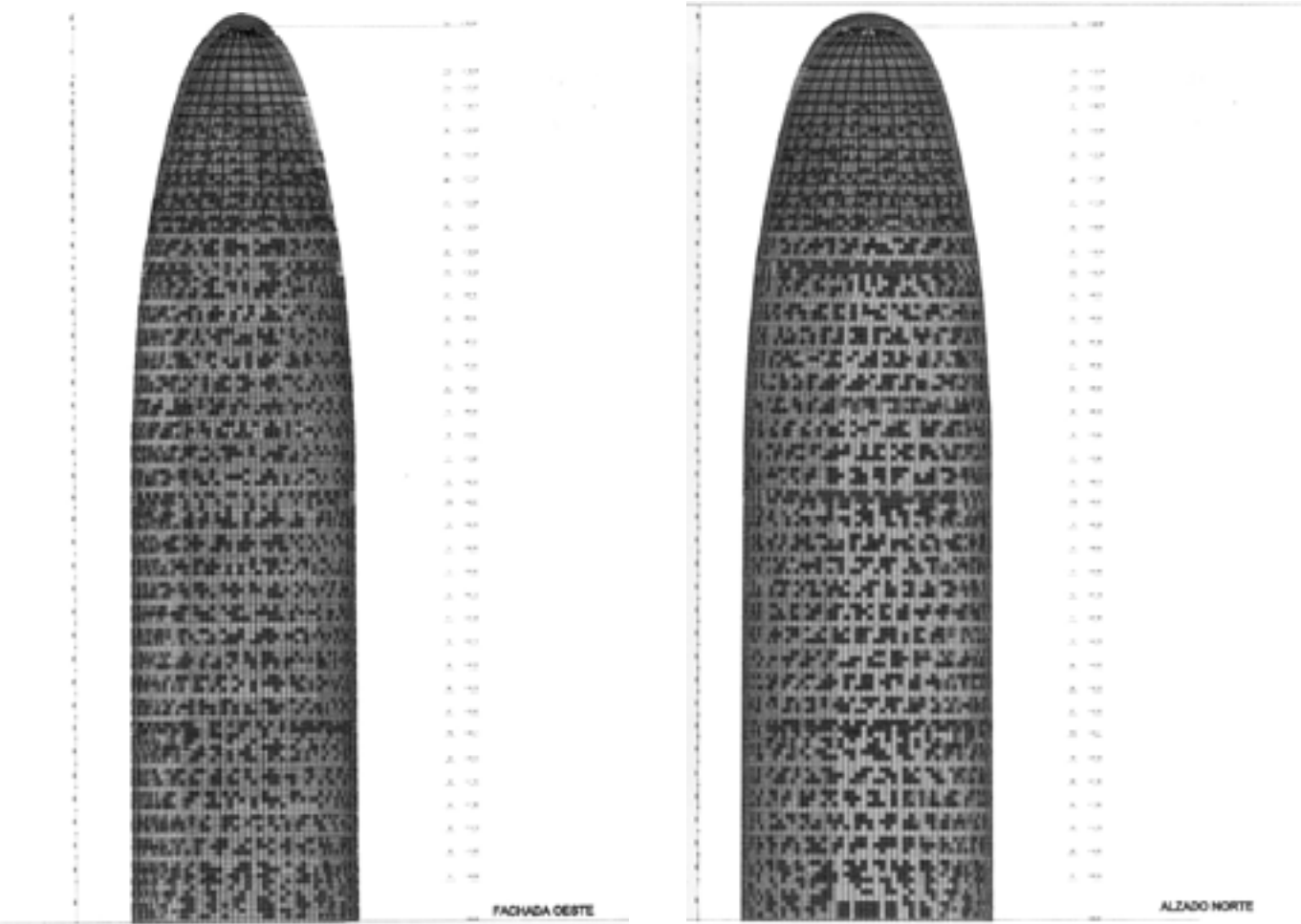
PEM de la partida de fachadas:
15.500.000 €

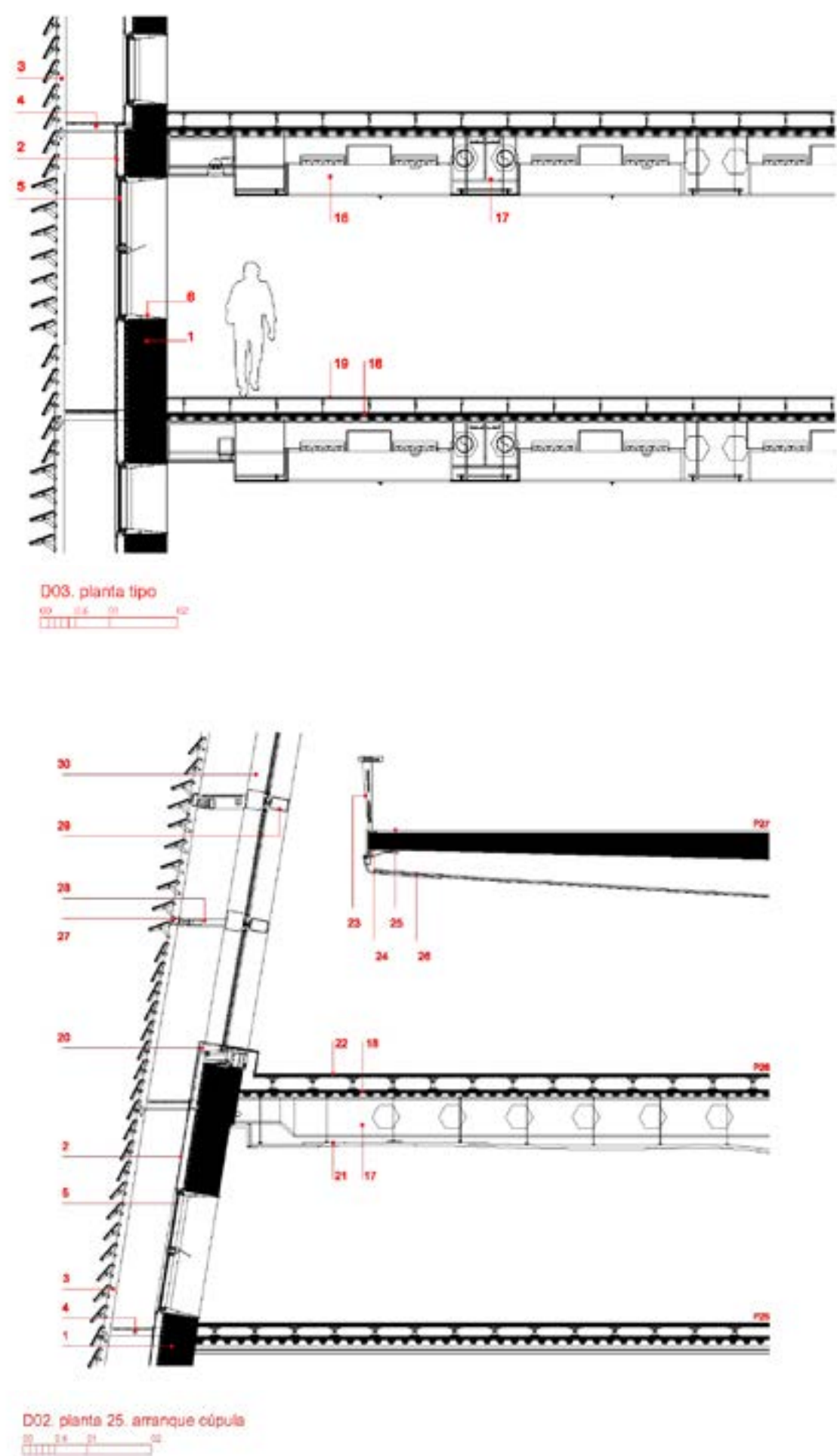
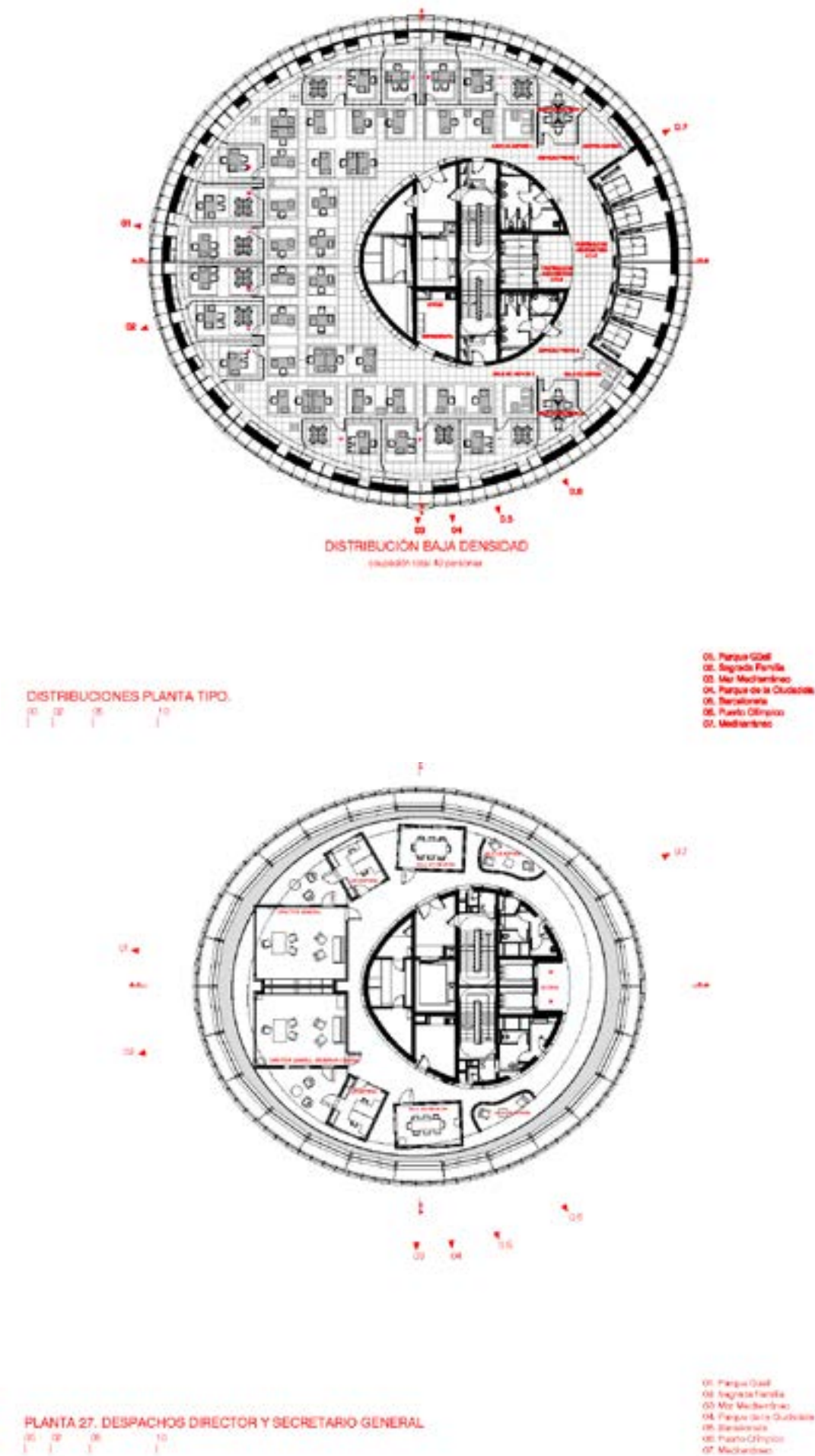
Constructor fachada:
Permasteelisa

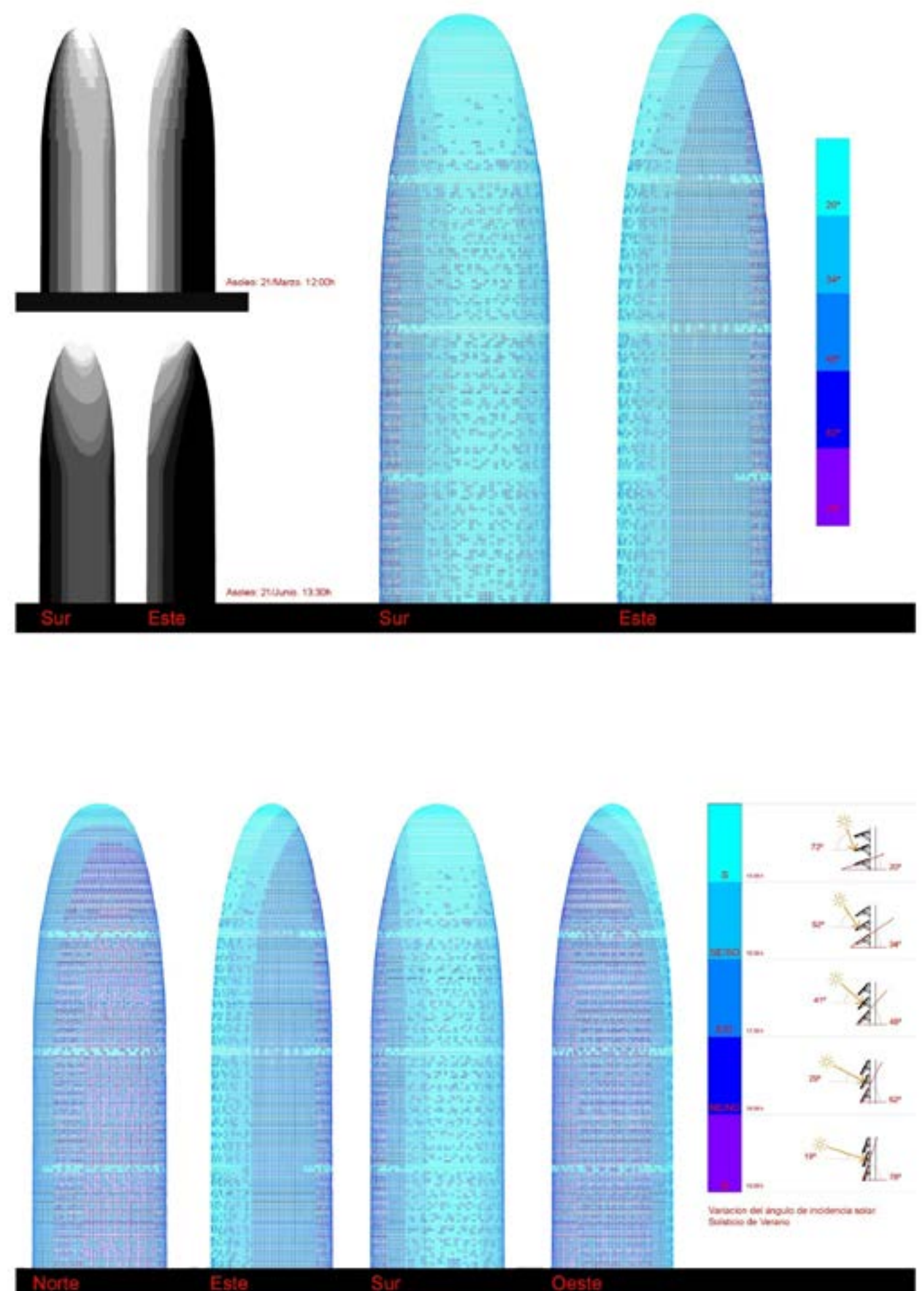
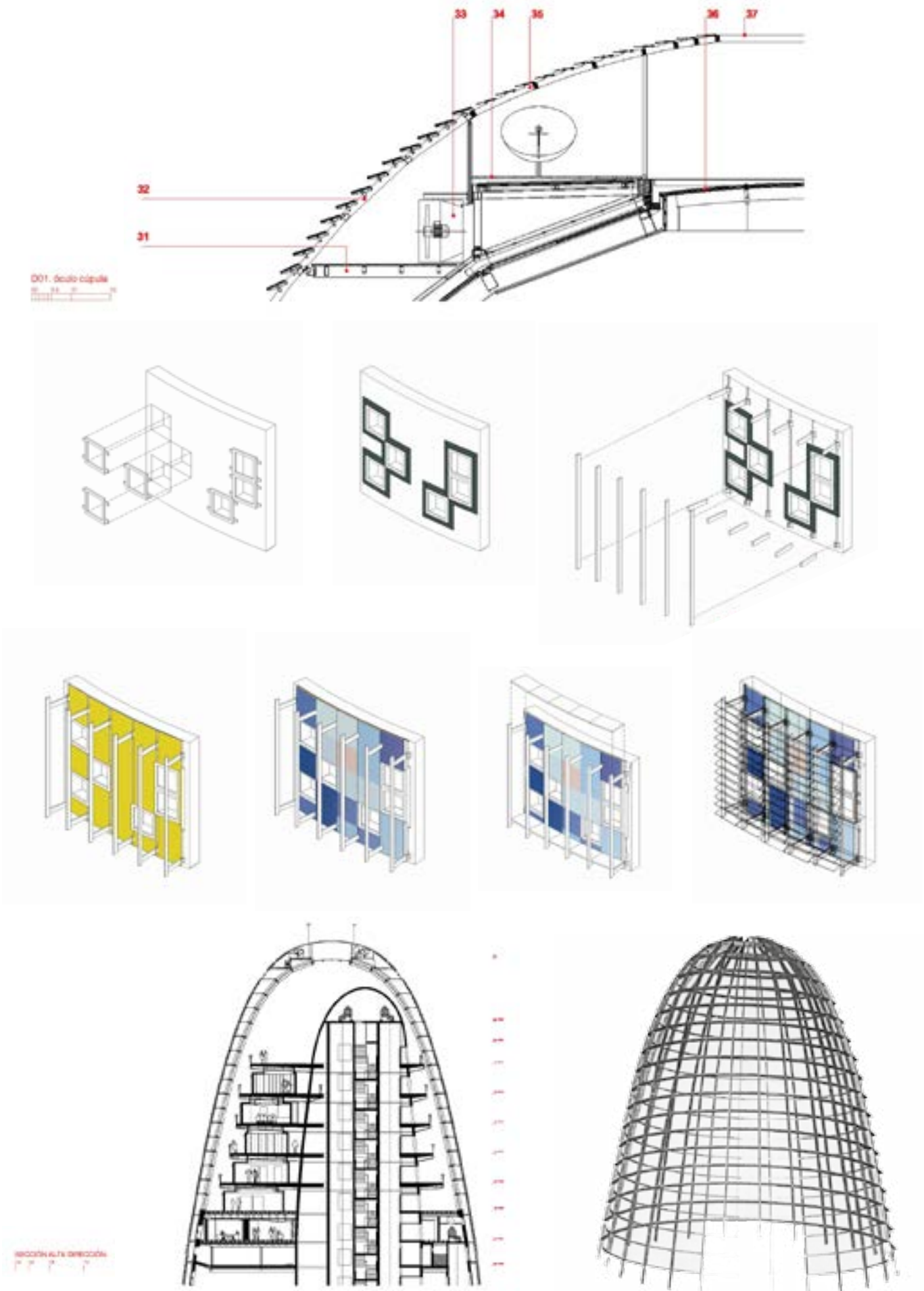


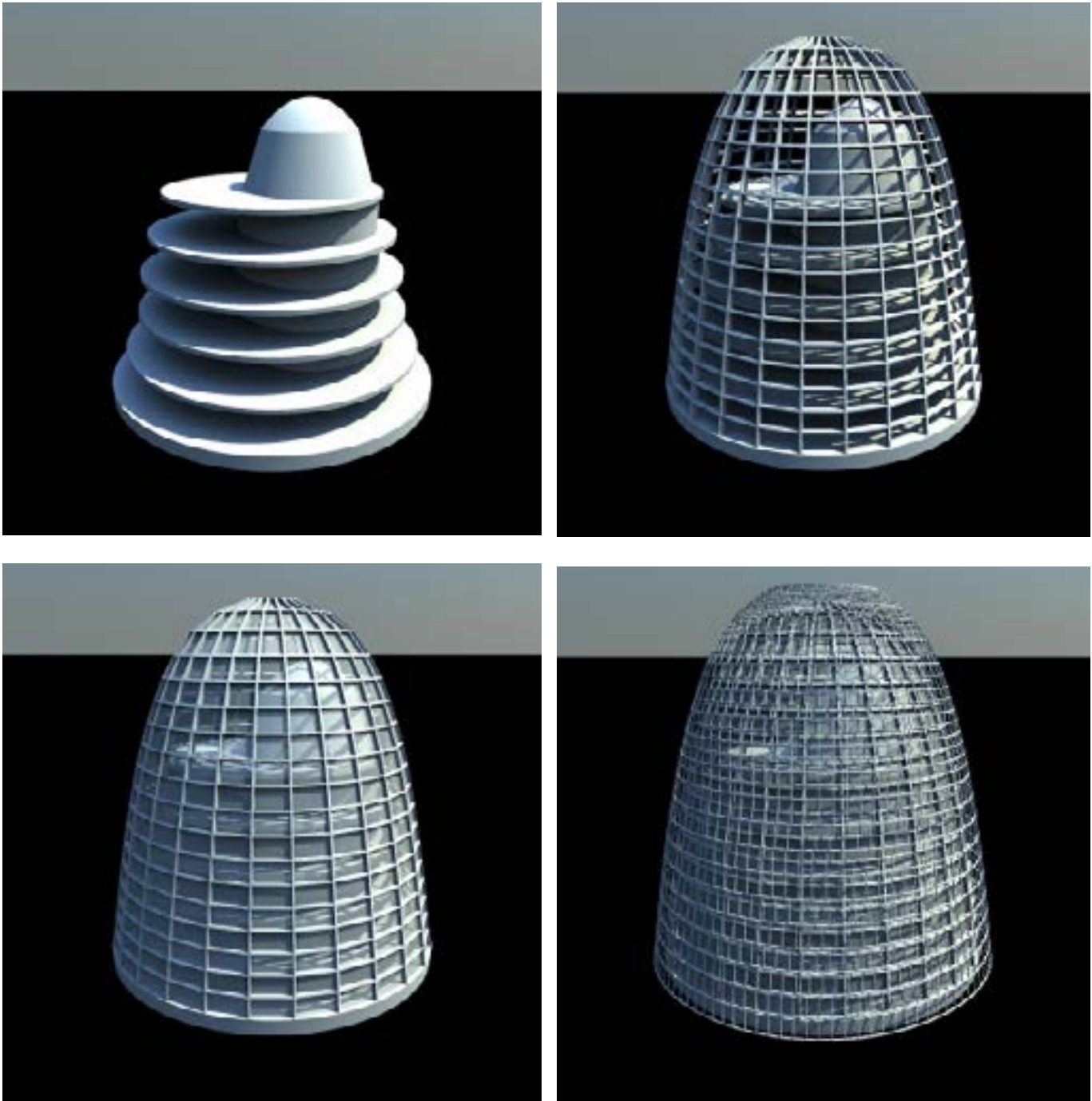
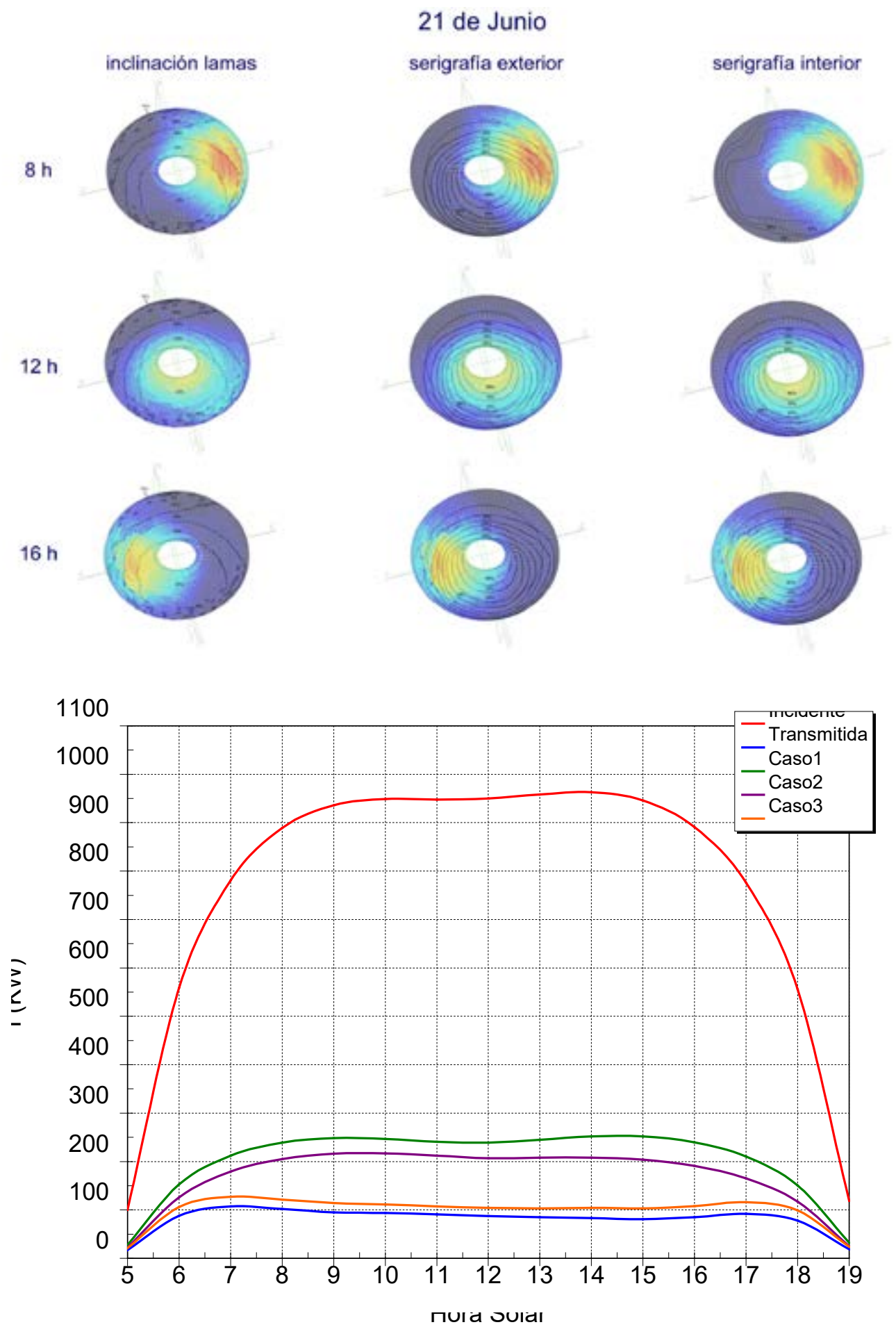


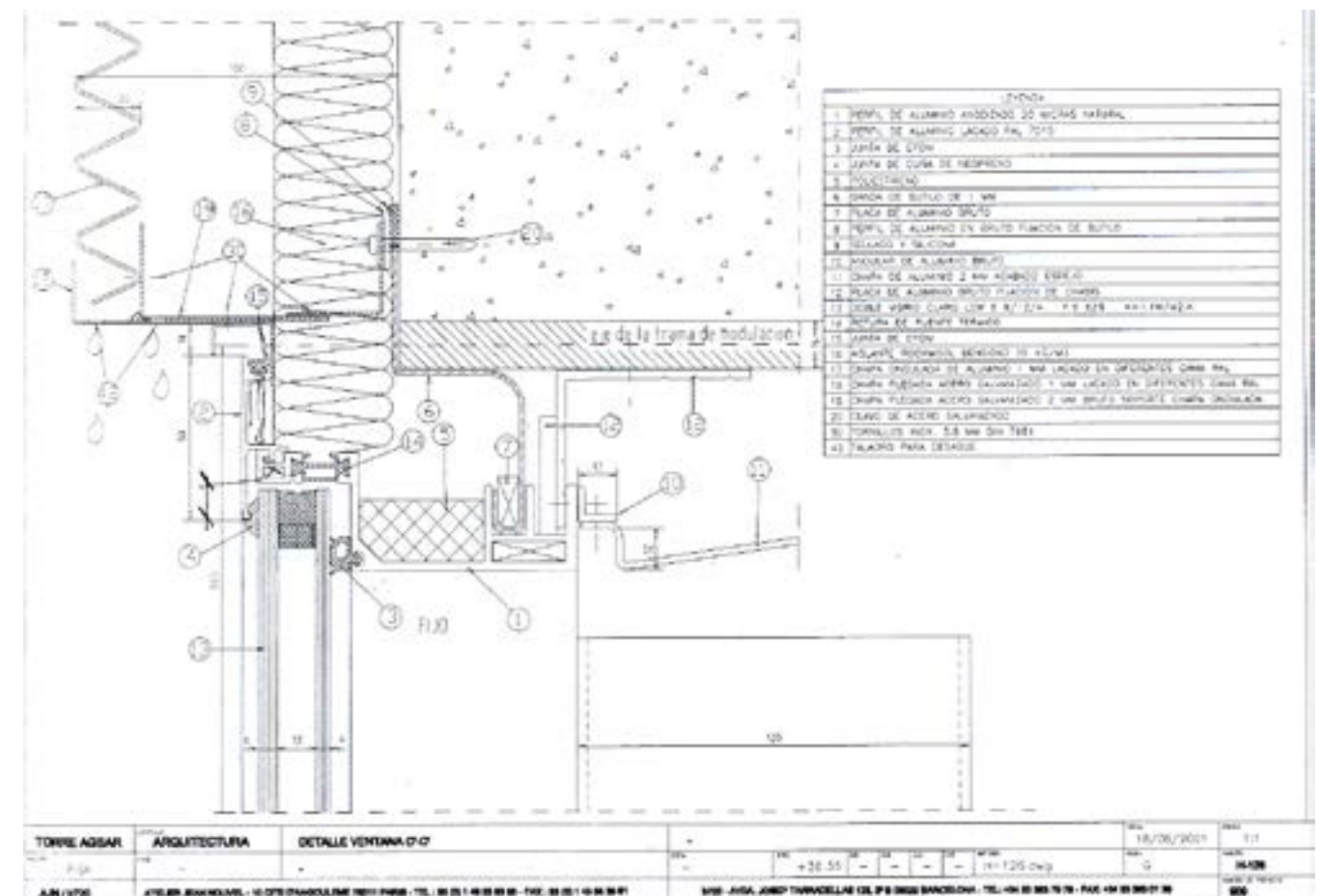
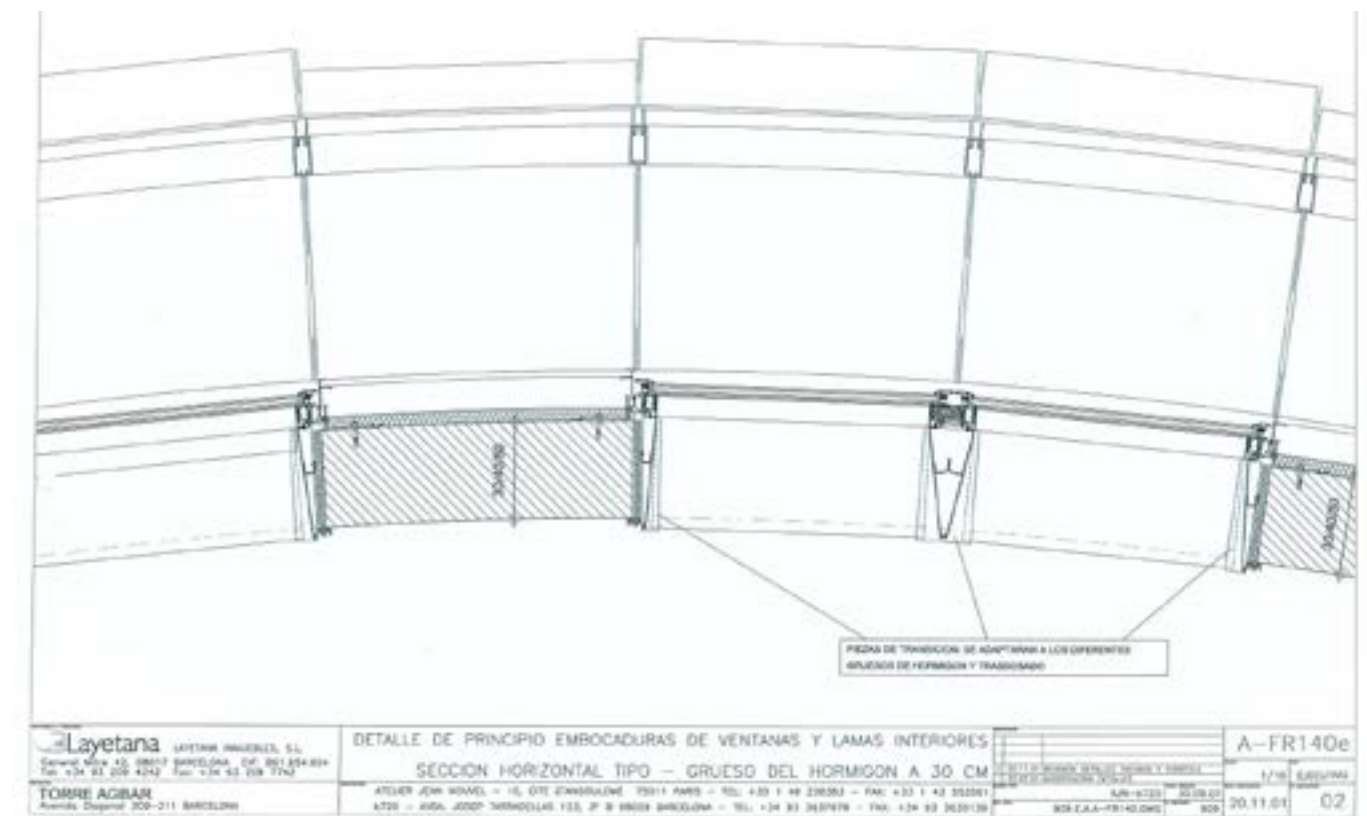
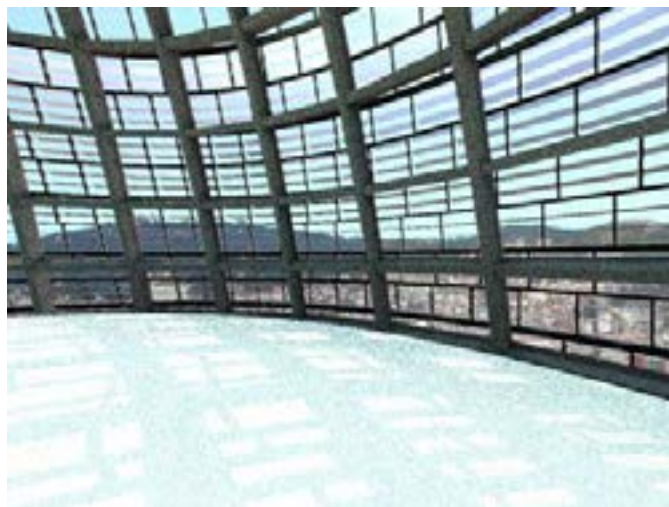
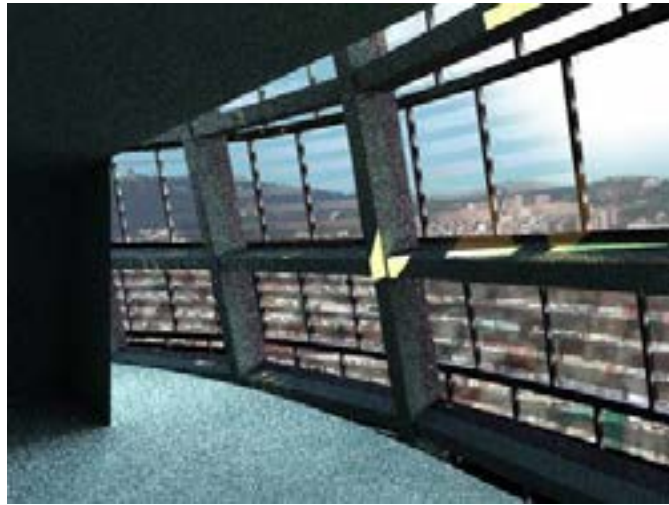


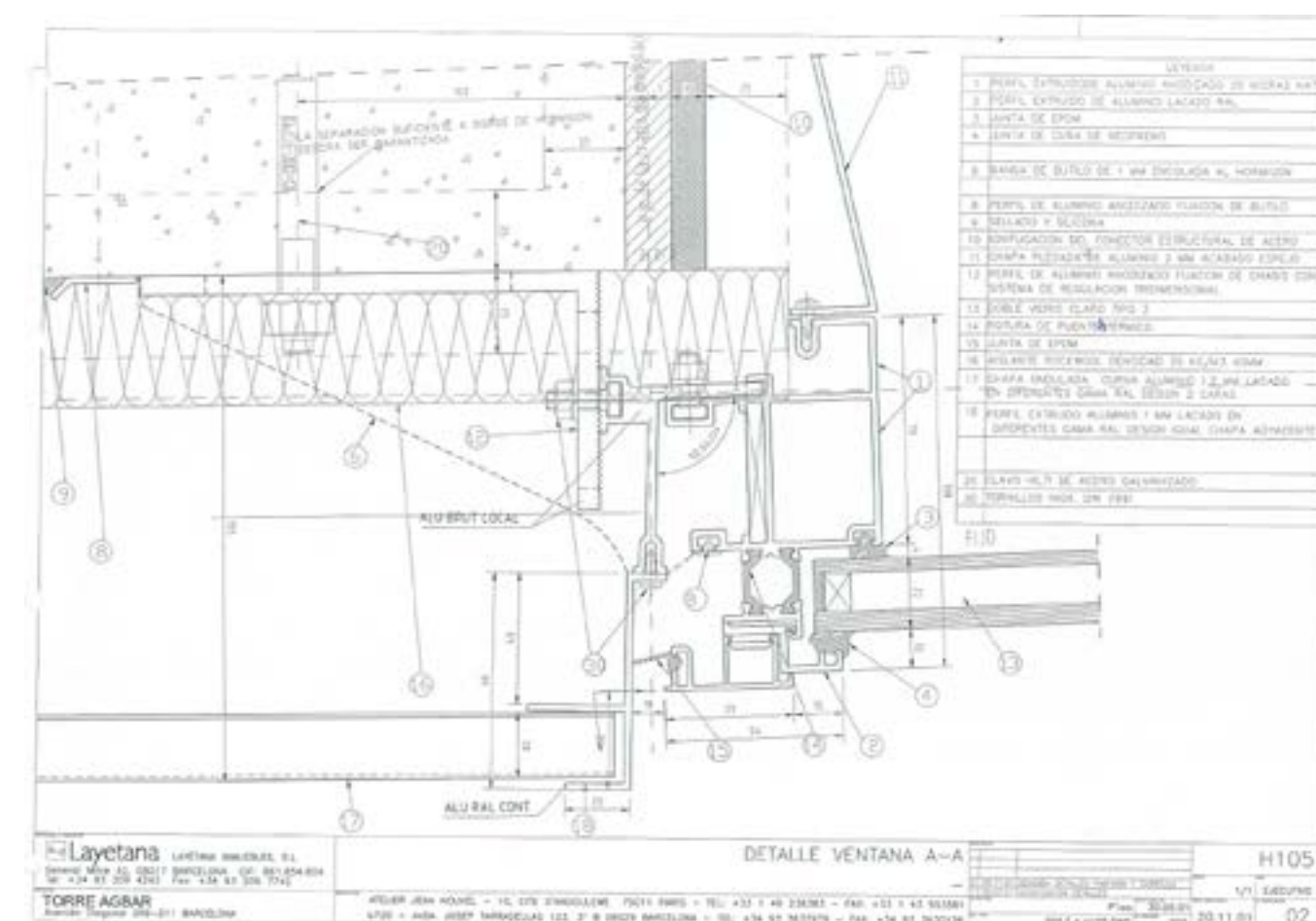
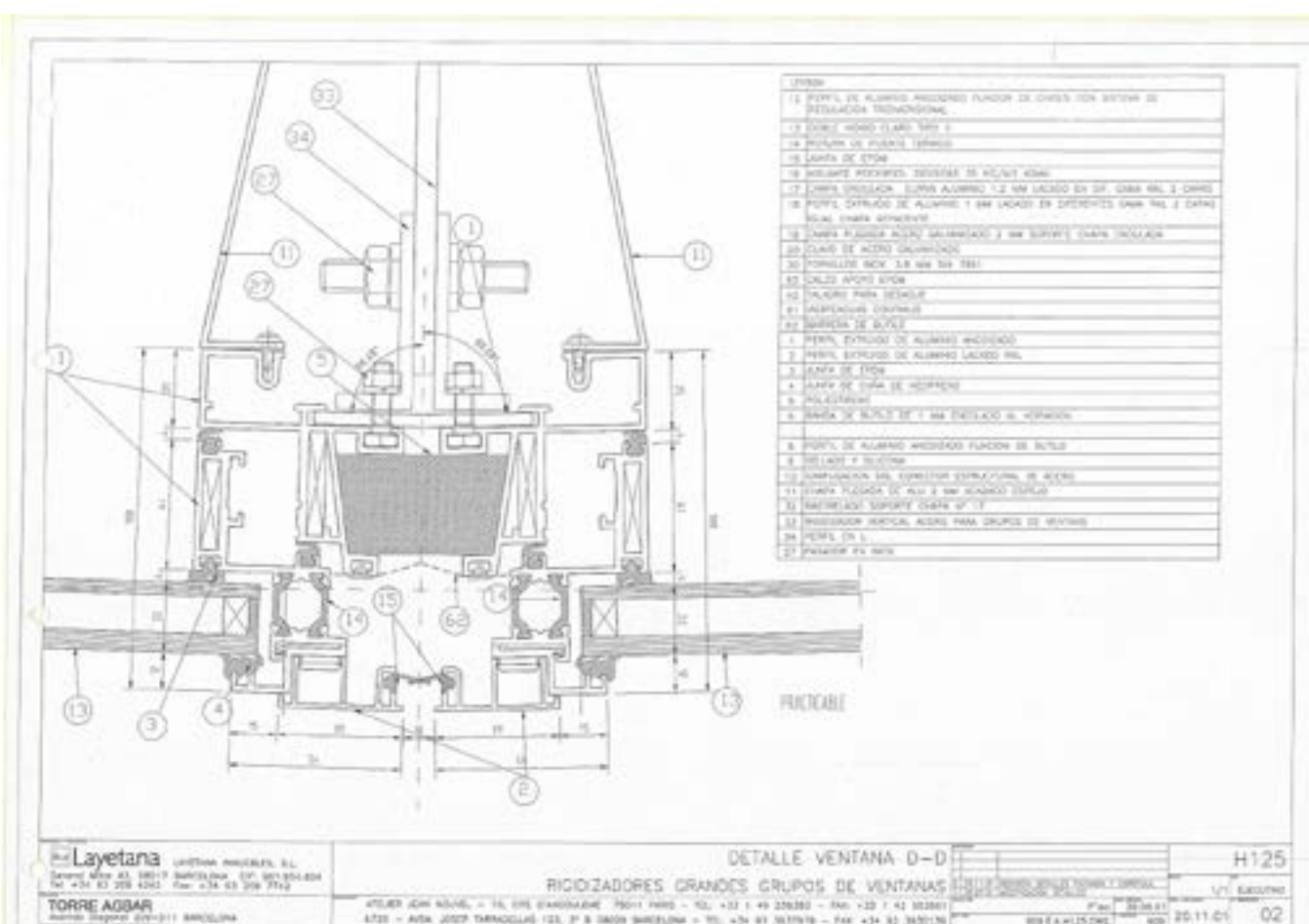
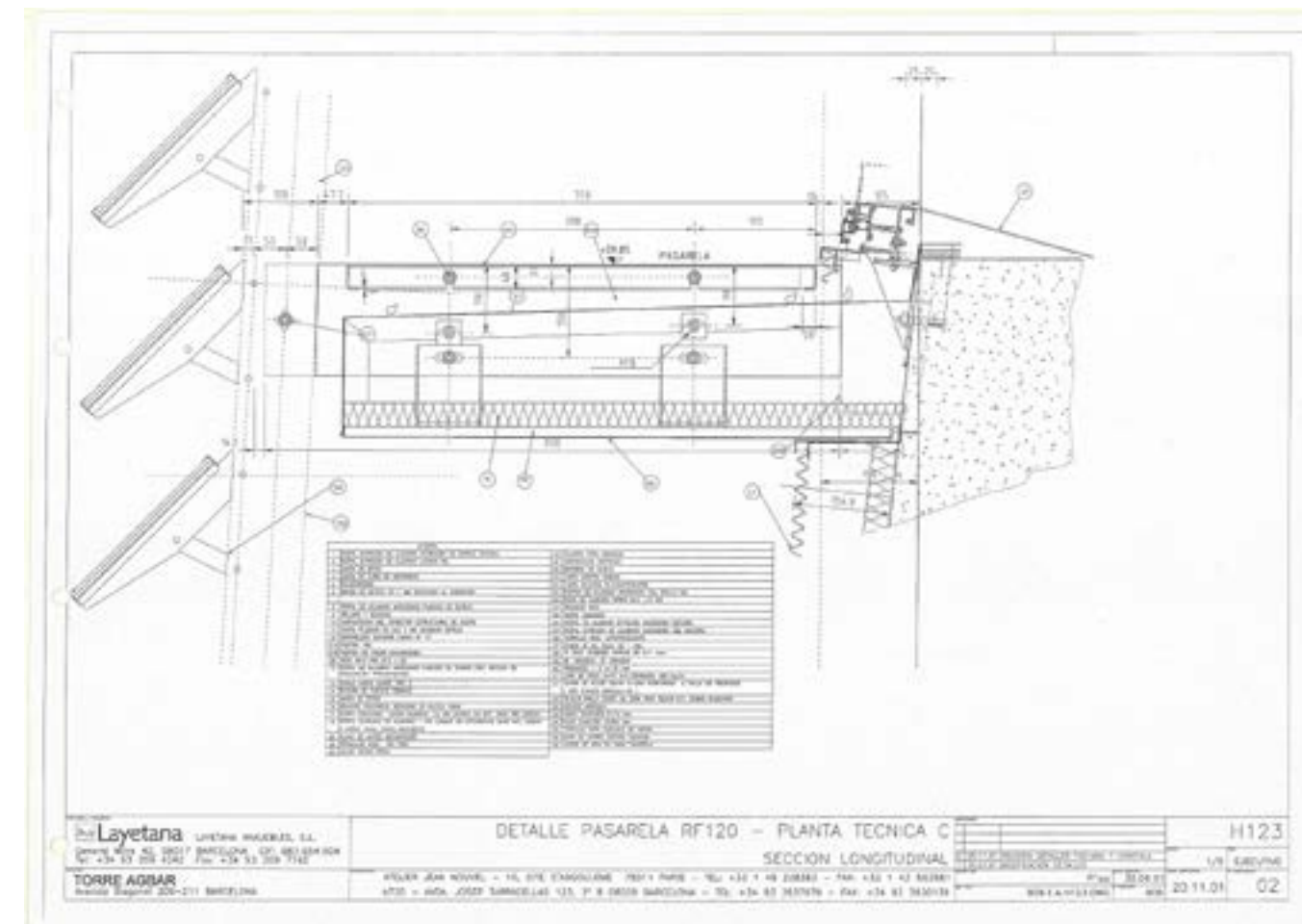
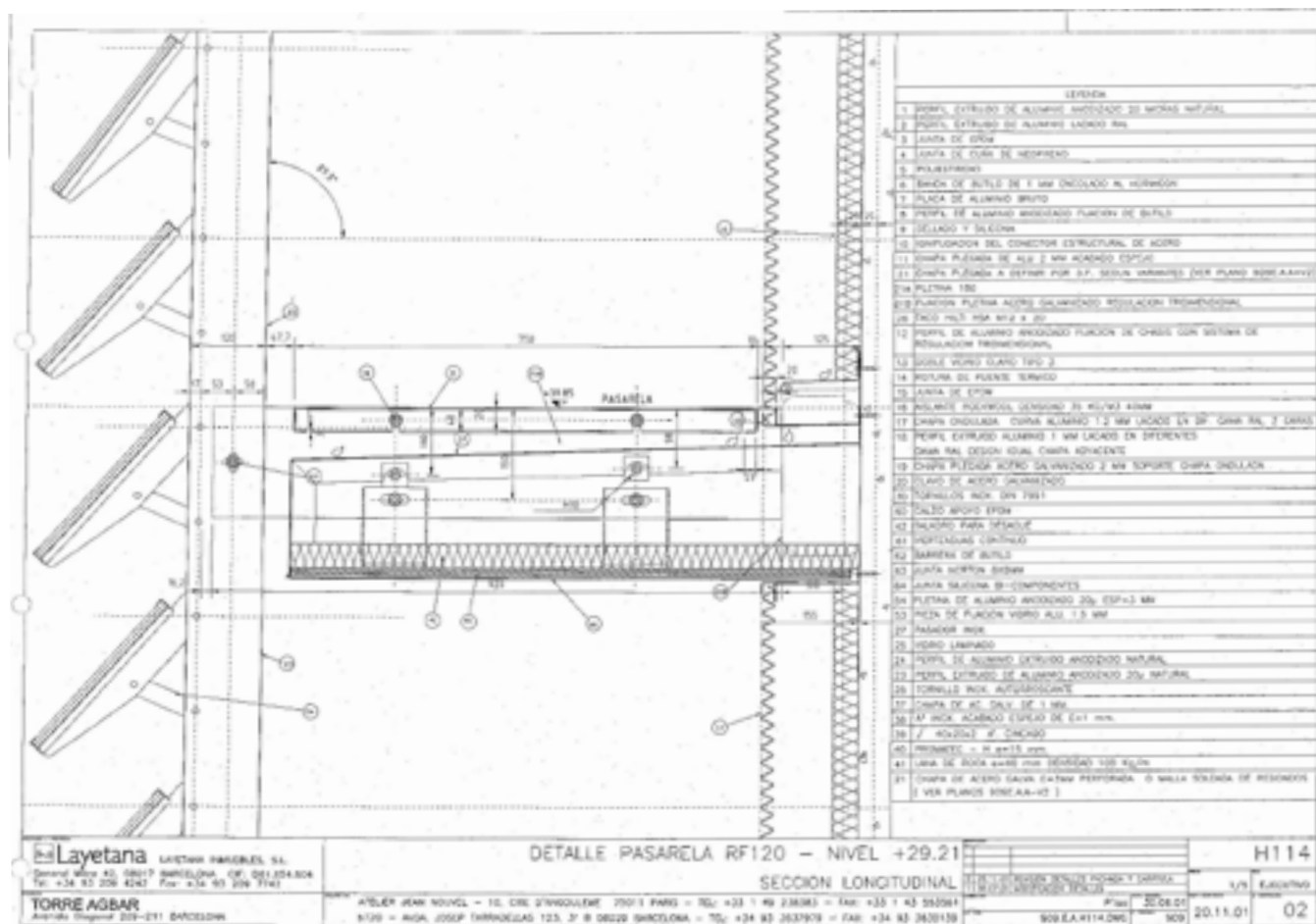


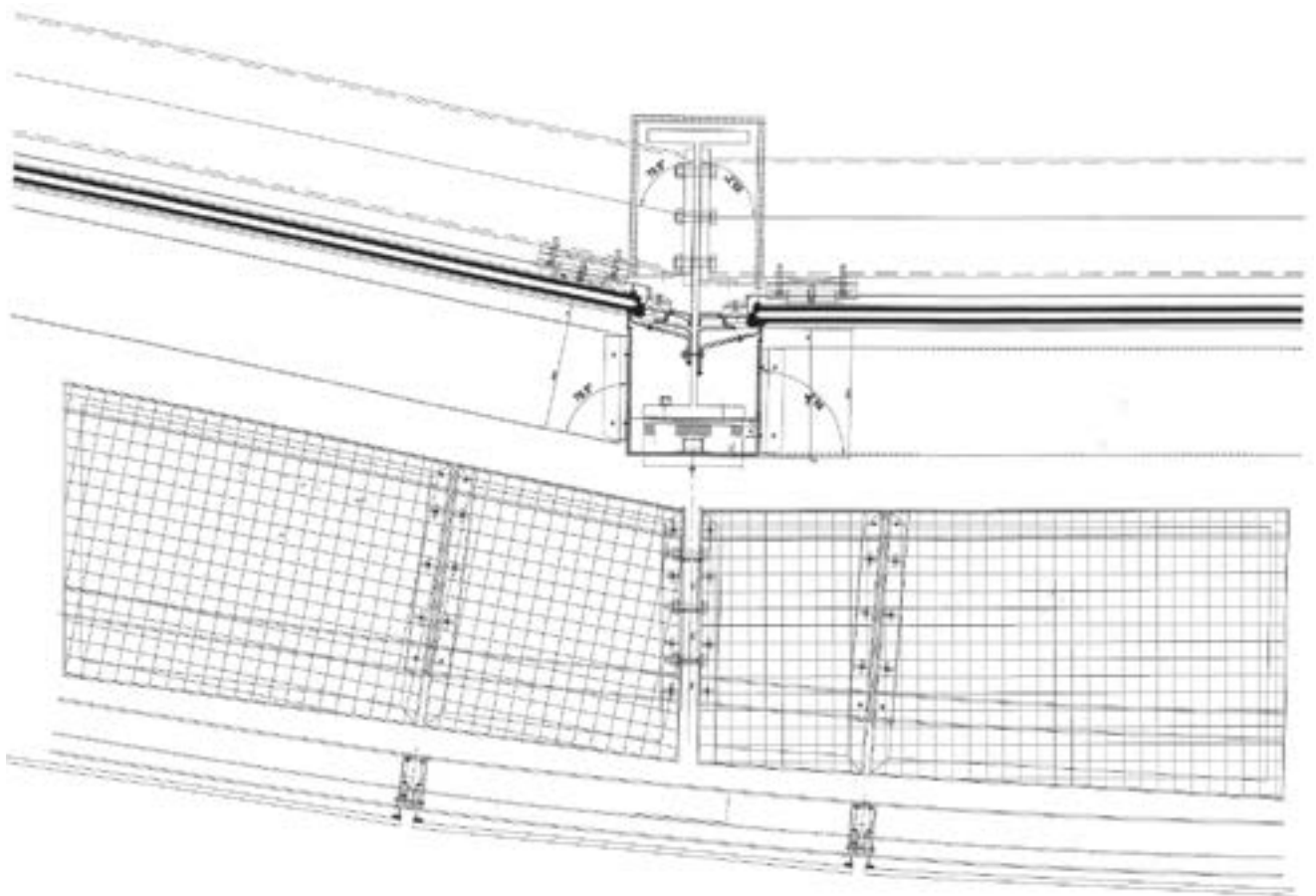
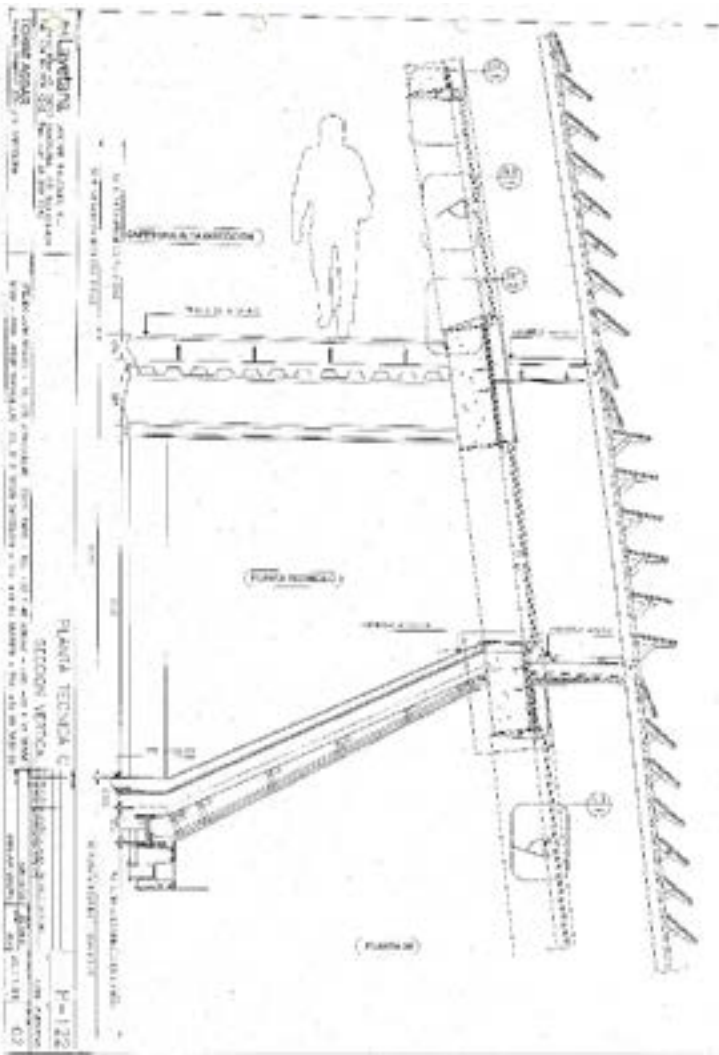
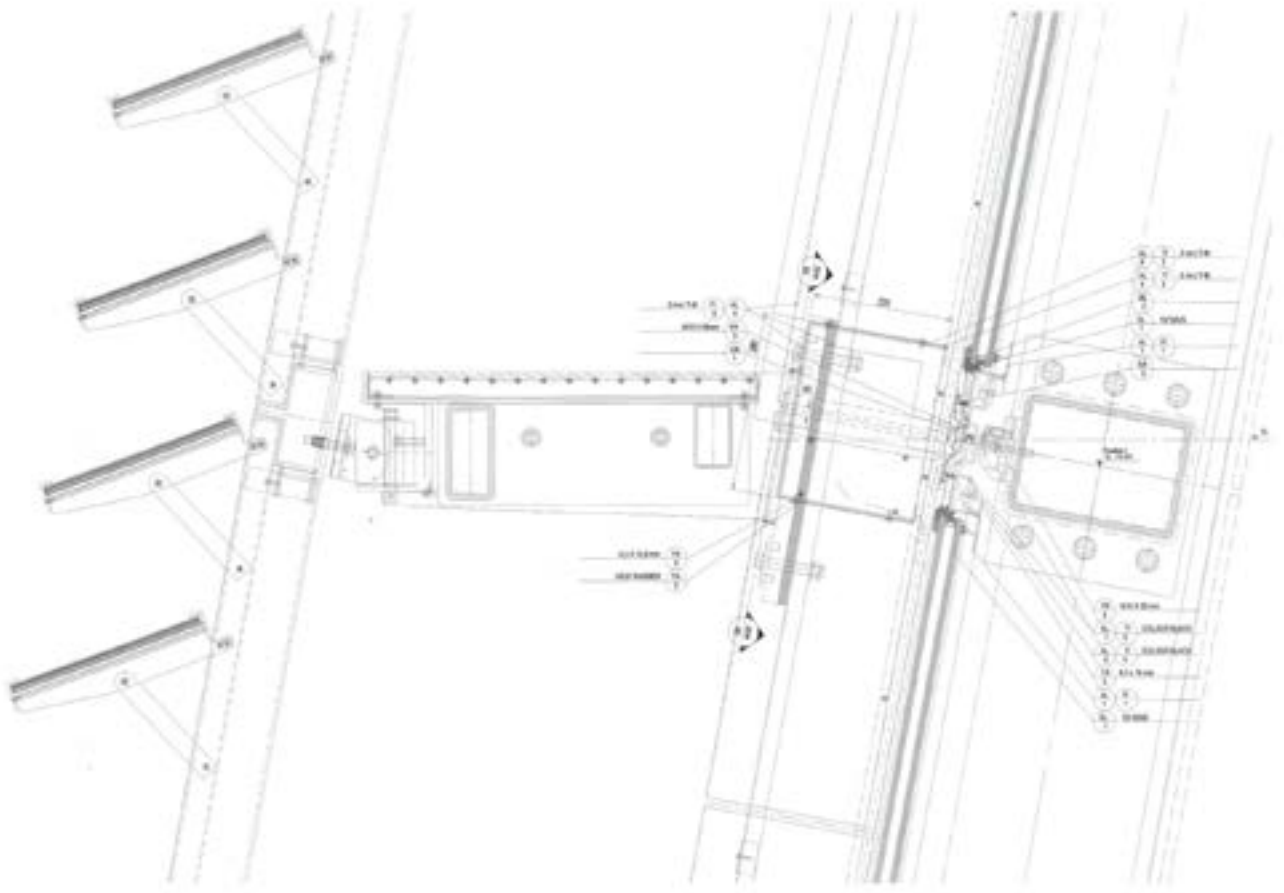
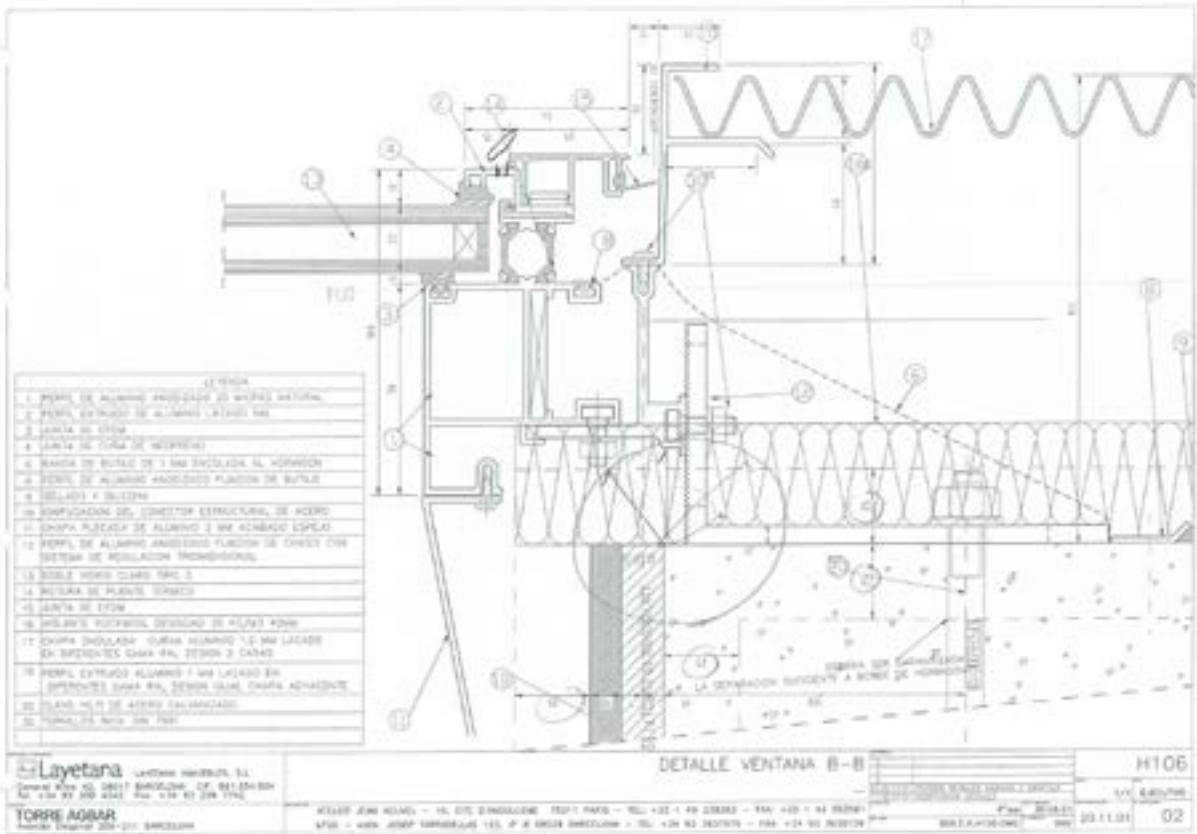


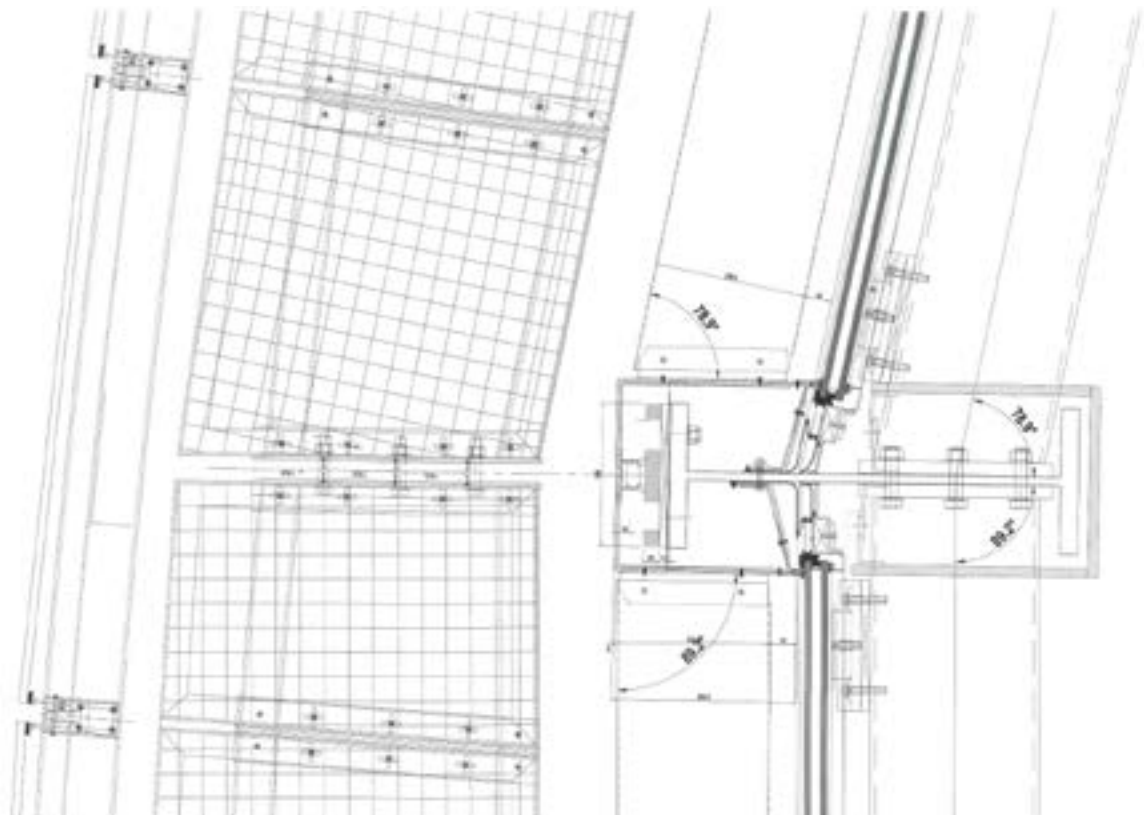




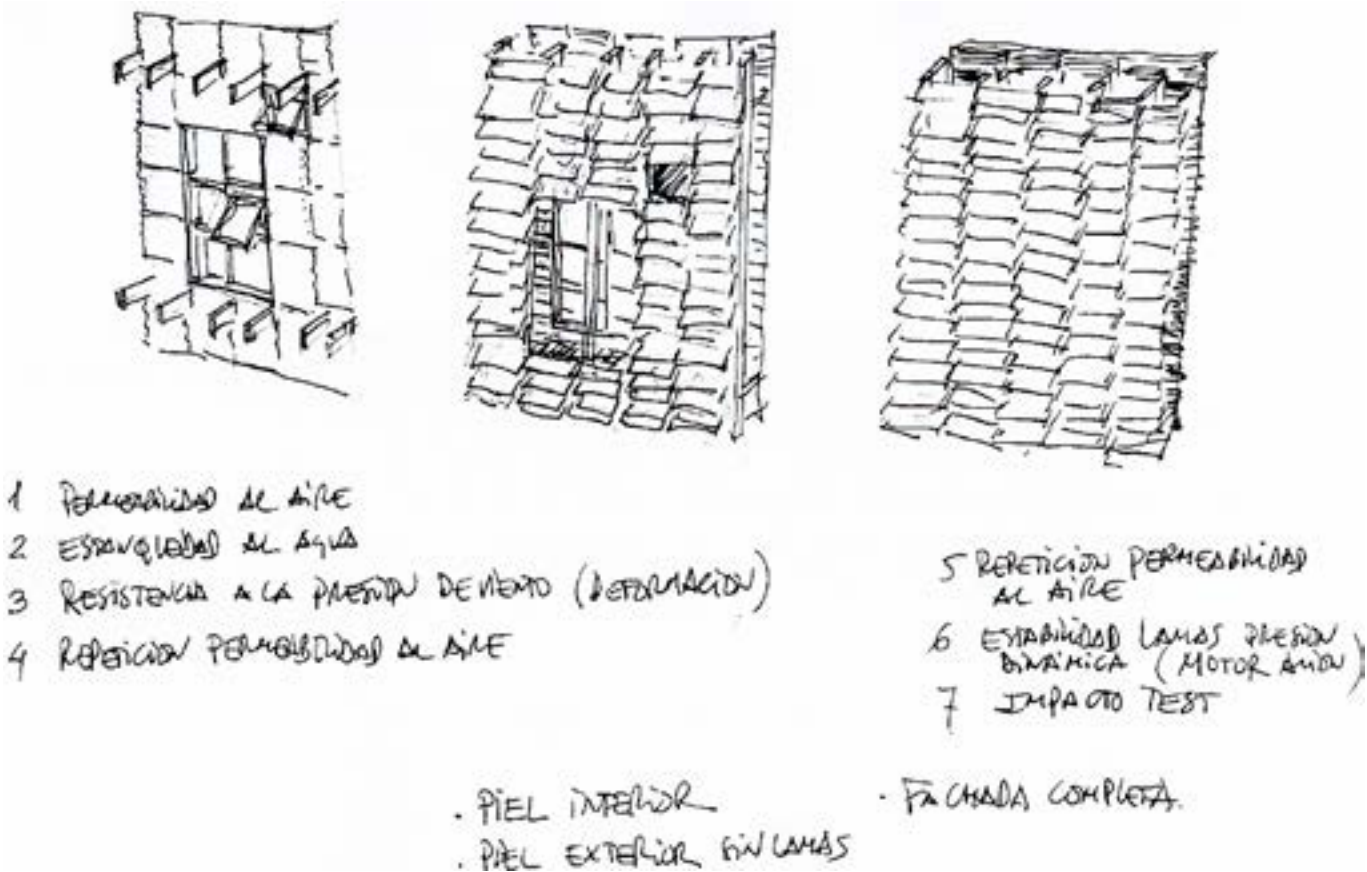


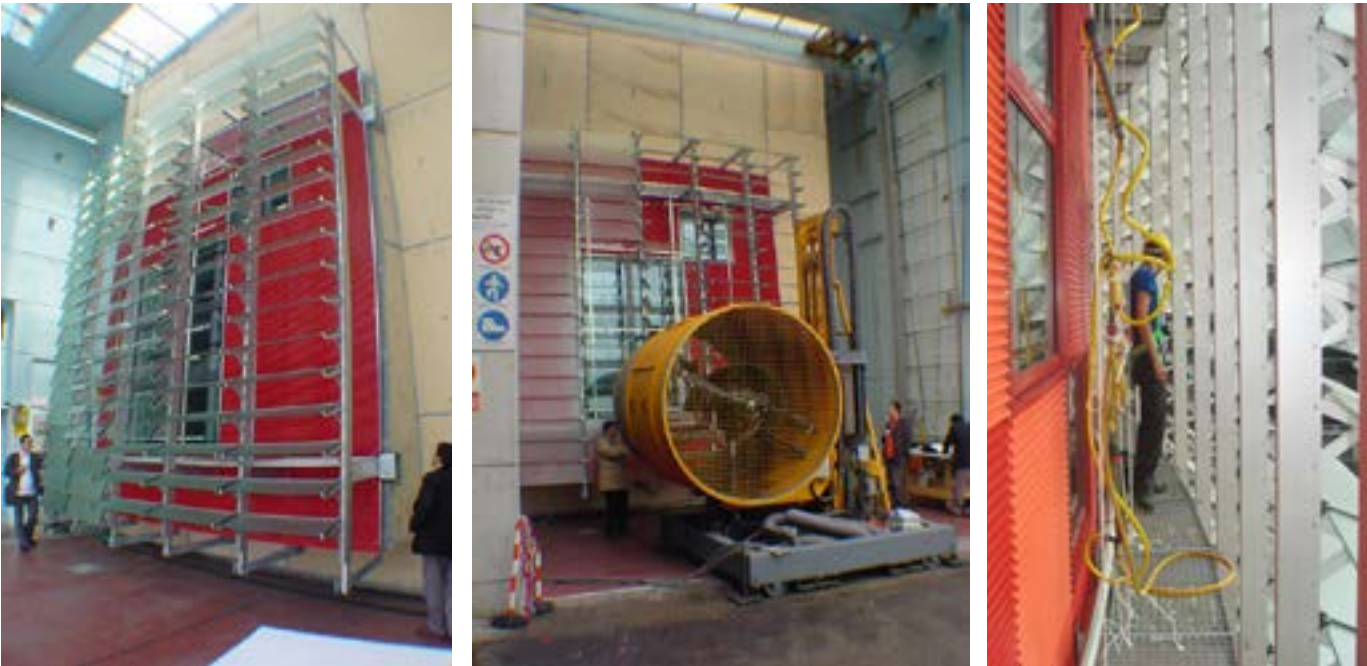












106

Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

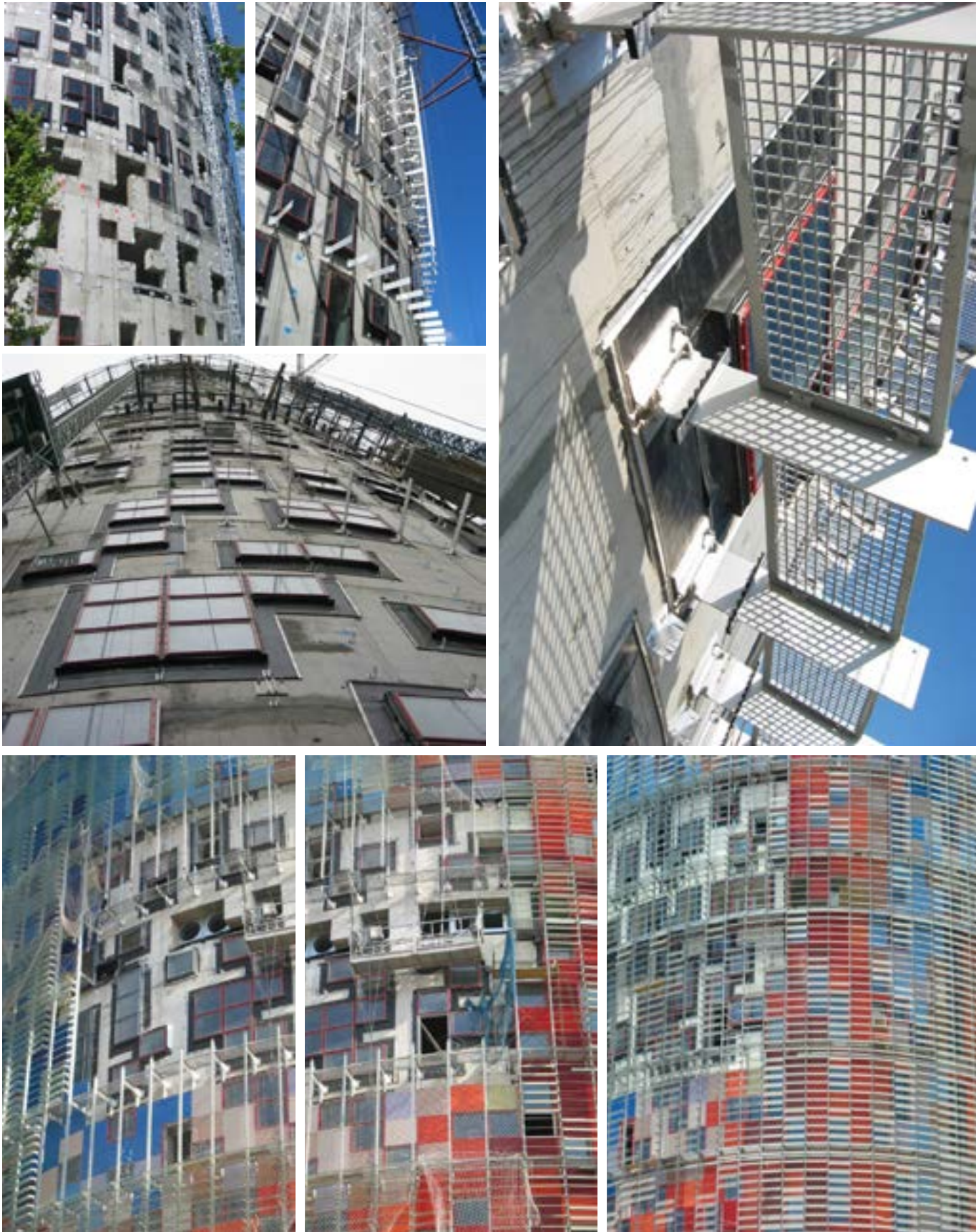


Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

107



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares





112 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares 113



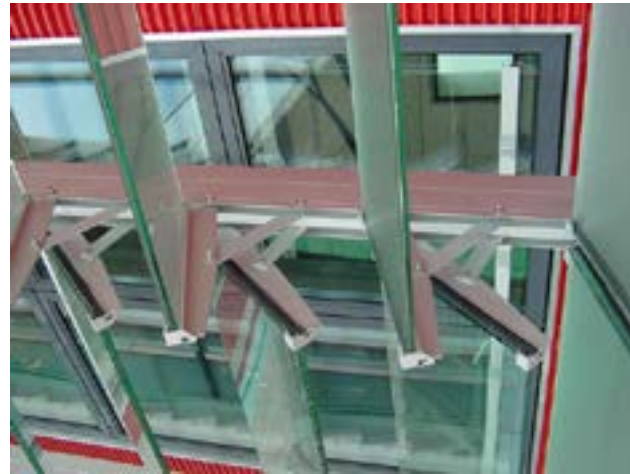
114 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

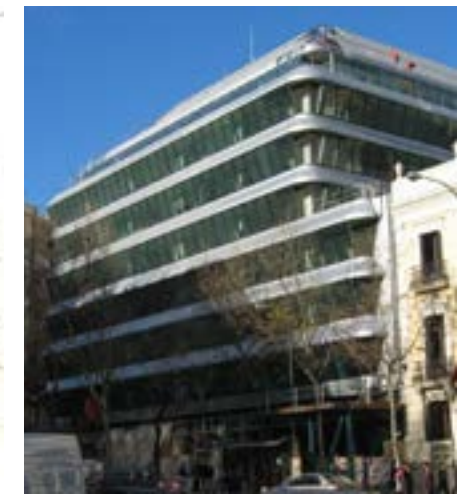
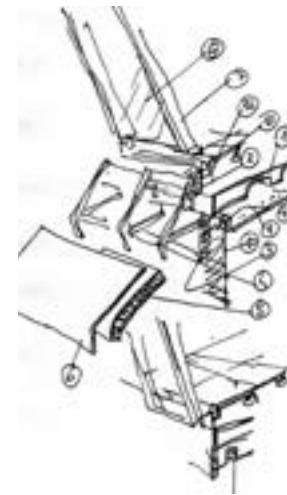


115 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares









Estudio de Caso nº 4

EDIFICIO DE OFICINAS GÉNOVA 27
MADRID.

REHABILITACIÓN INTEGRAL DE EDIFICIO DE OFICINAS EN LA CALLE GENOVA 27, MADRID

Arquitectos:
Estudio Lamela , arquitectos
Antonio Lamela, Arq. obra original

Estudio de viabilidad. Proyecto básico y de ejecución de fachadas.

Dirección de obra:
Xavier Ferrés.
Biosca & Botey Arquitectura.

Año: 2003 - 2005

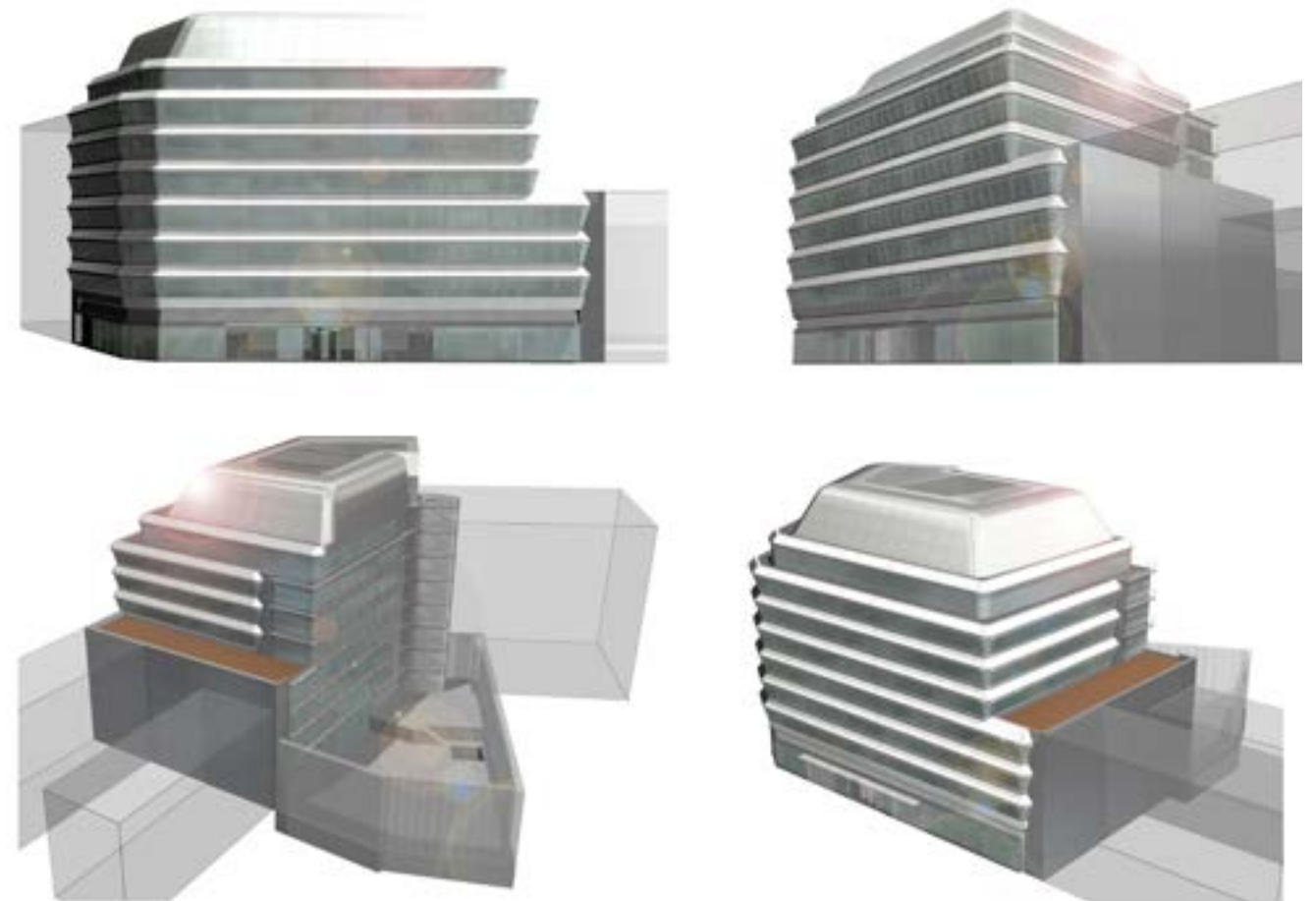
Superficie de la obra:
10.400 m2 Sobre Rasante y 7.200 m2 Bajo Rasant.

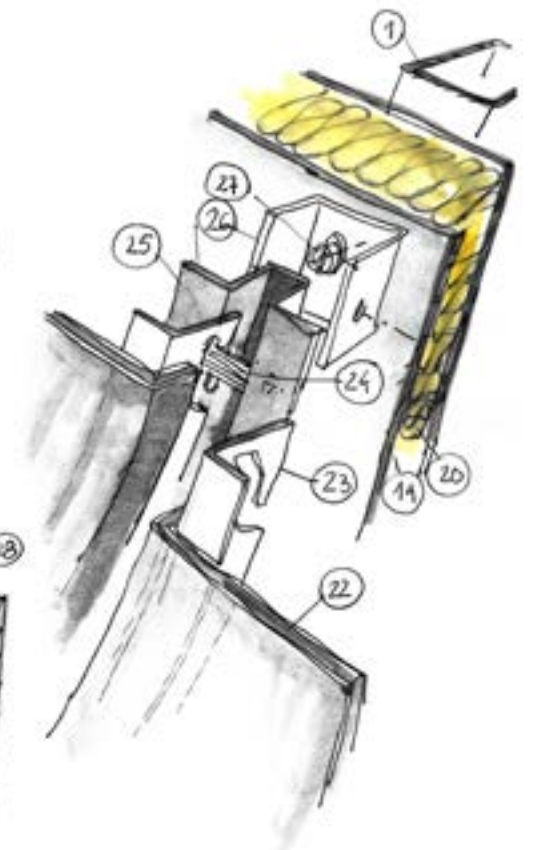
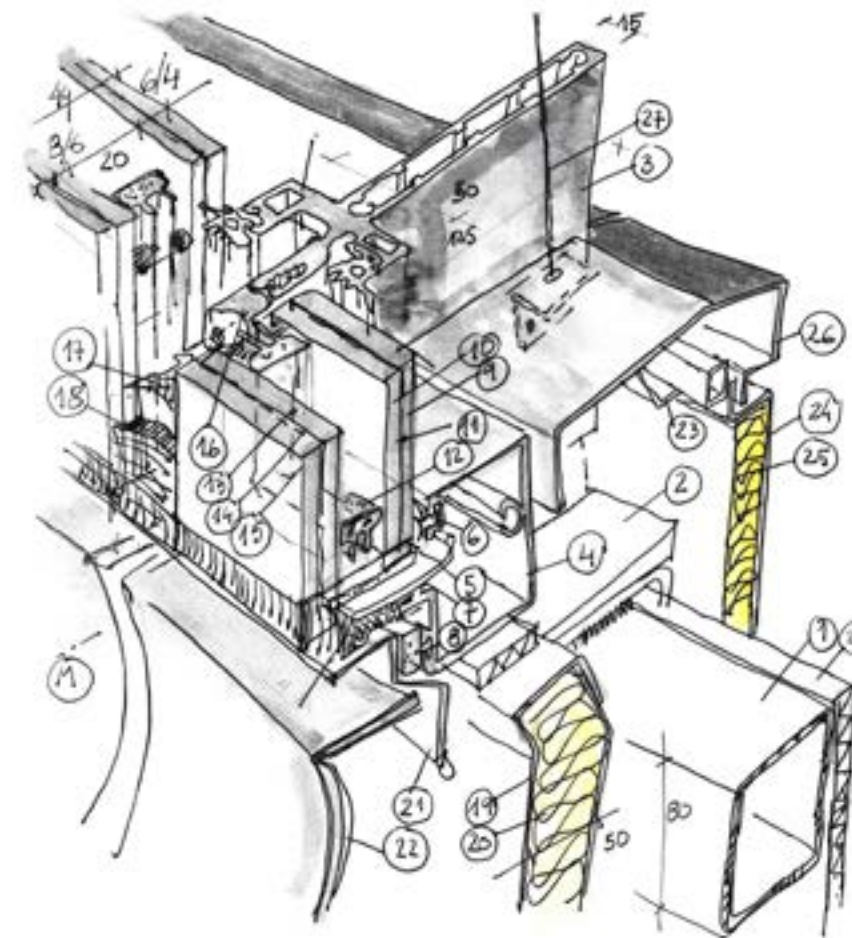
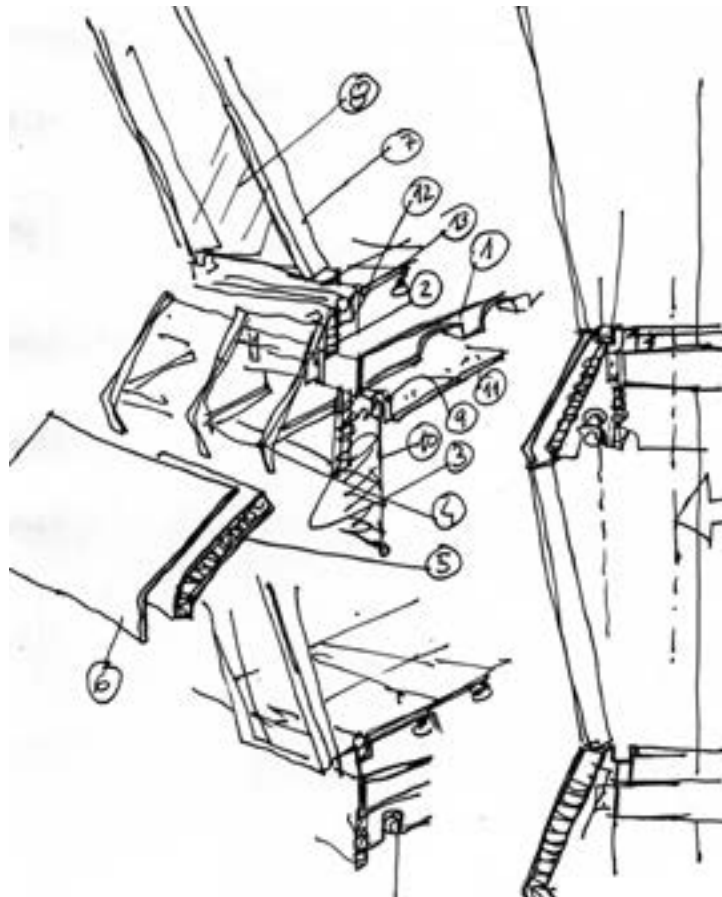
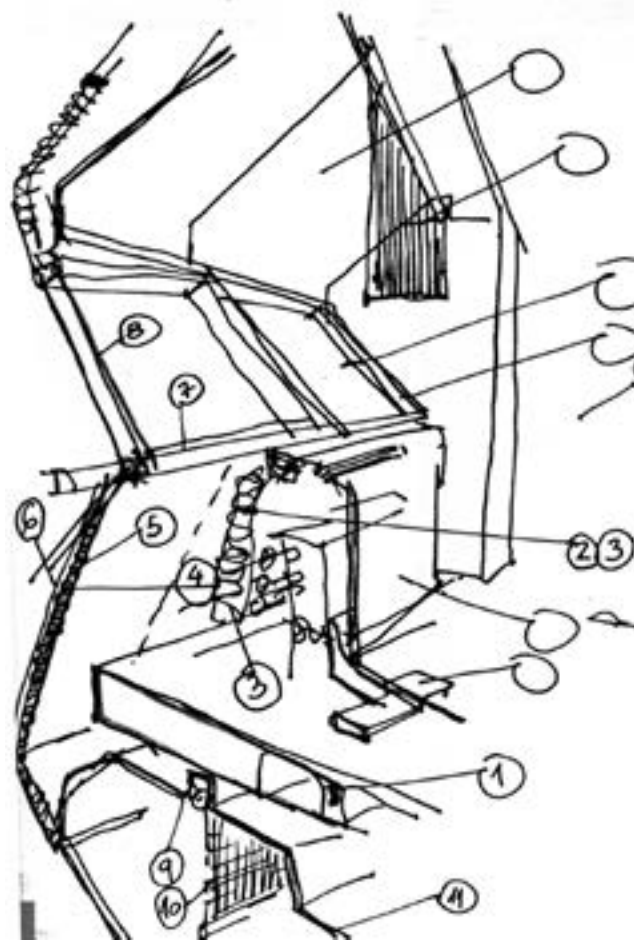
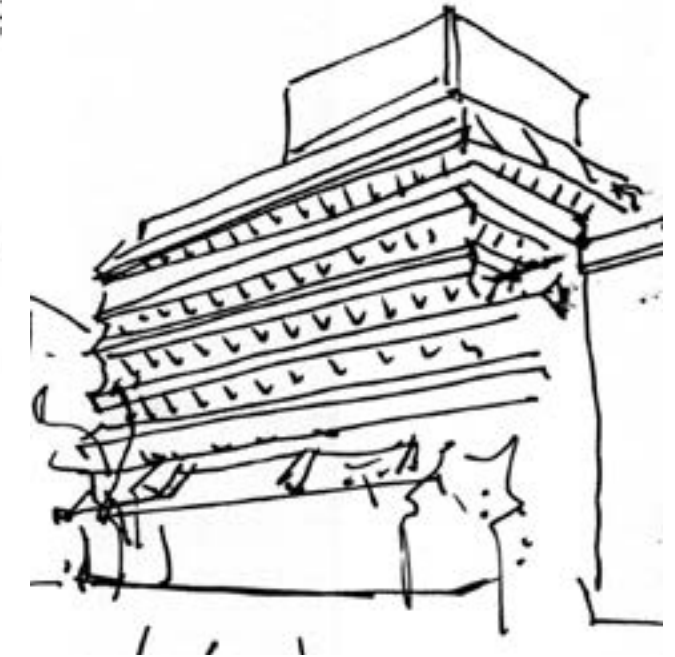
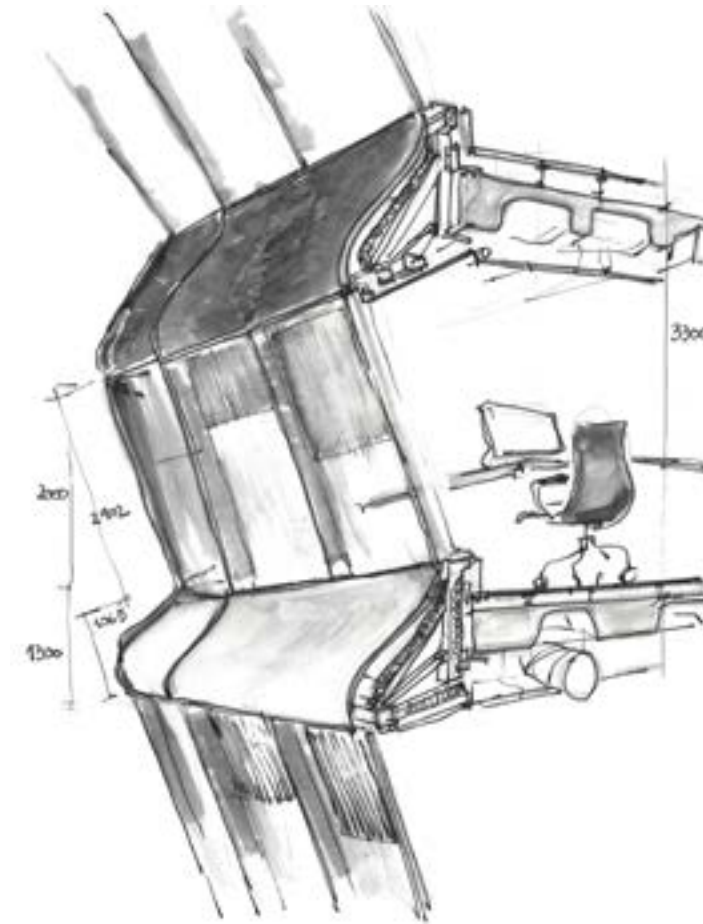
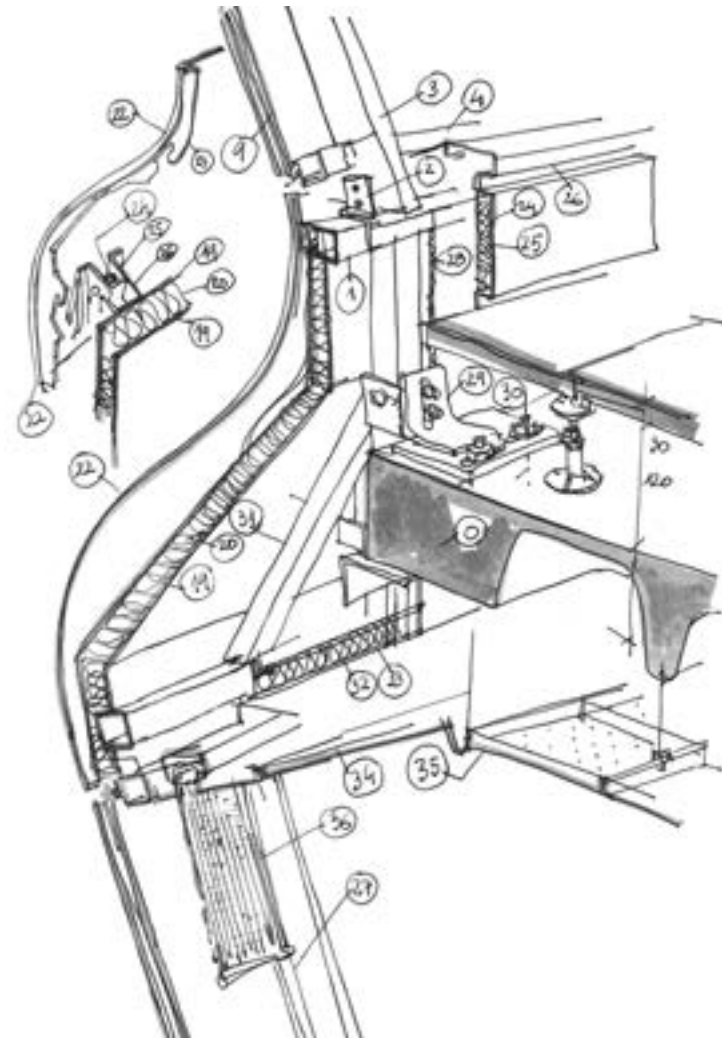
PEM del edificio:
10.000.000 €

PEM de la partida de fachadas:
1.120.000 €

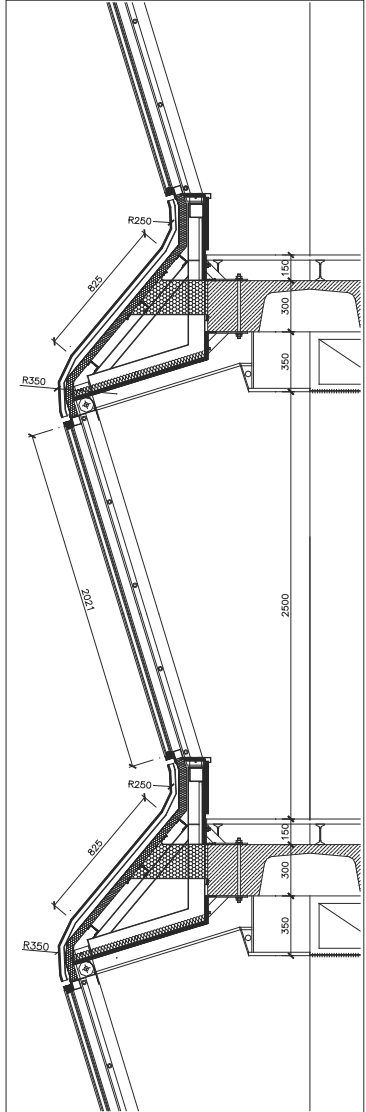
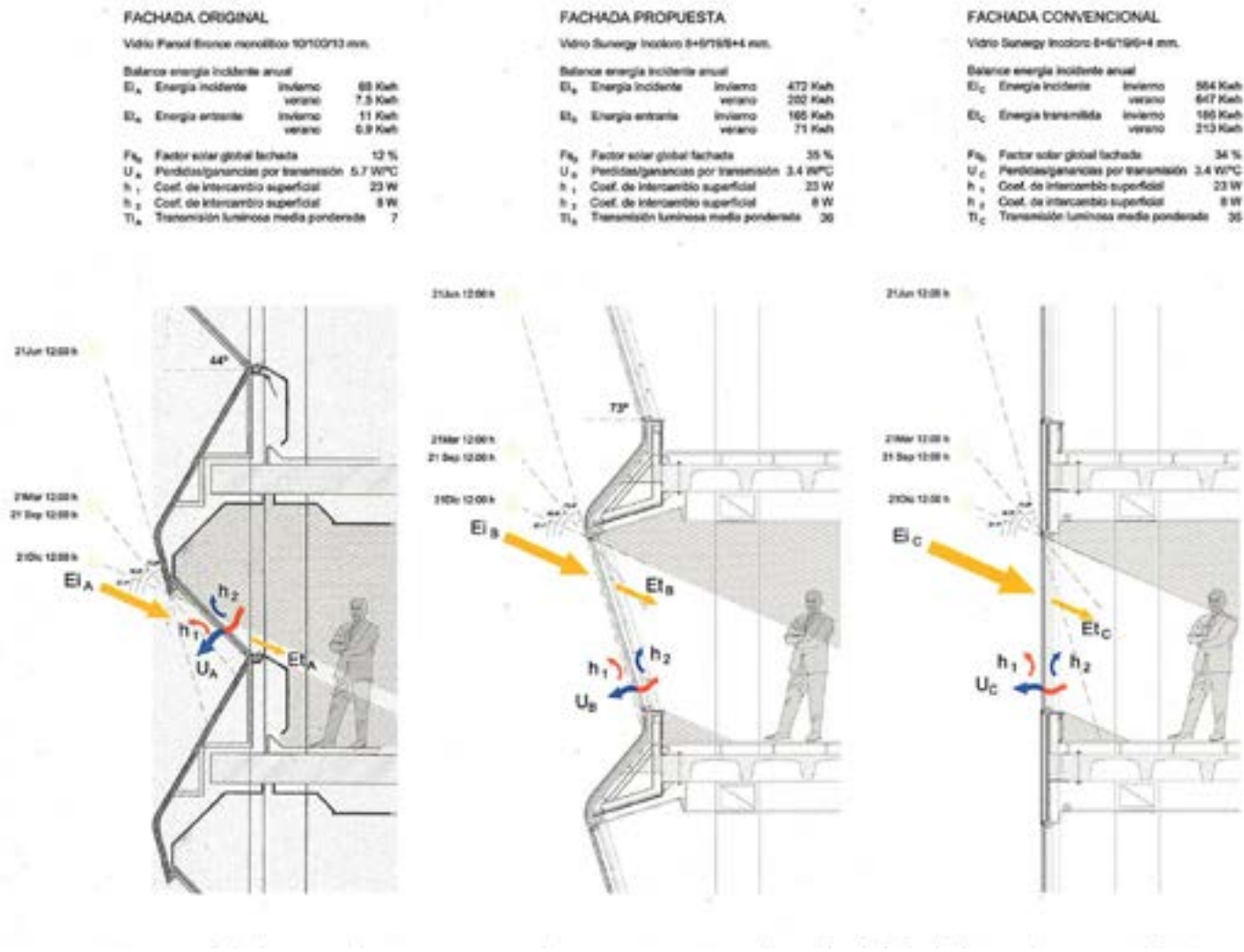
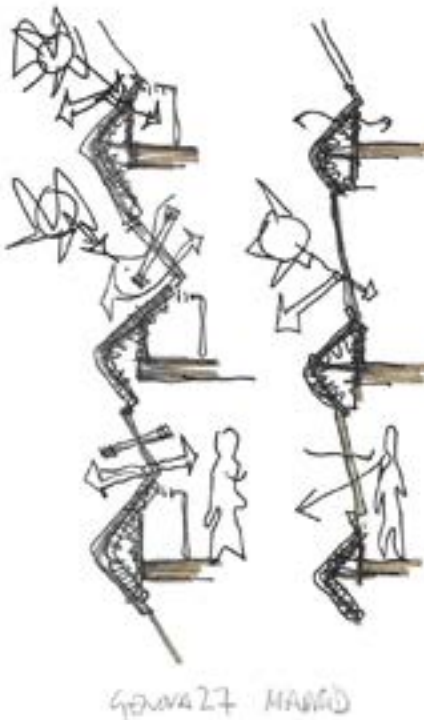
Constructor fachada:
Estrumaher







mantener imagen original					
cambio de imagen					
mantener concepto original					
actualización de prestaciones					
mantener sistema constructivo					
cambio radical de sistema constructivo					
	reparación	restauración	sustitución parcial	overcladding	recladding

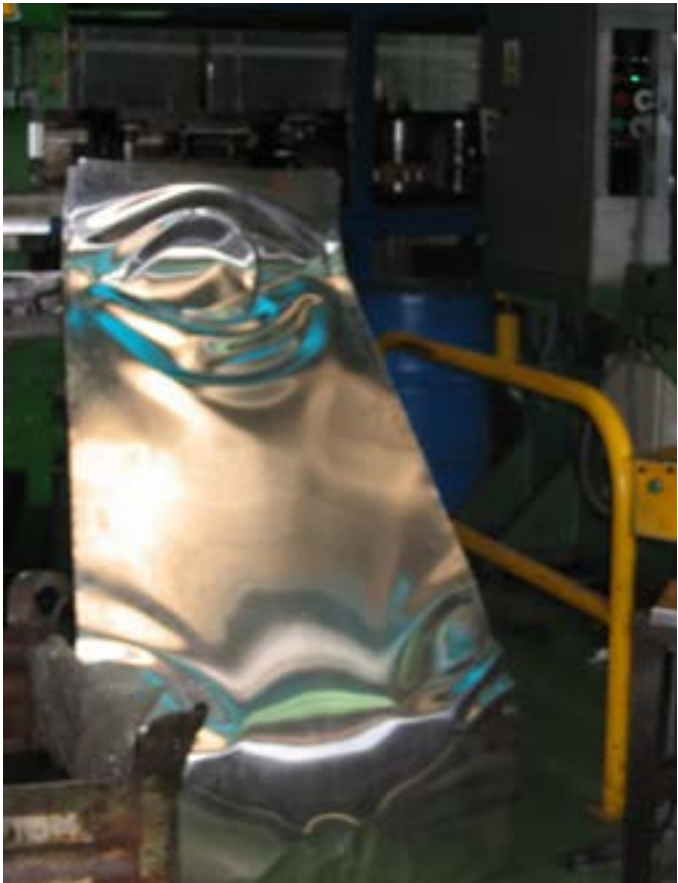


FACHADA PRINCIPAL SECCION VERTICAL E1/20







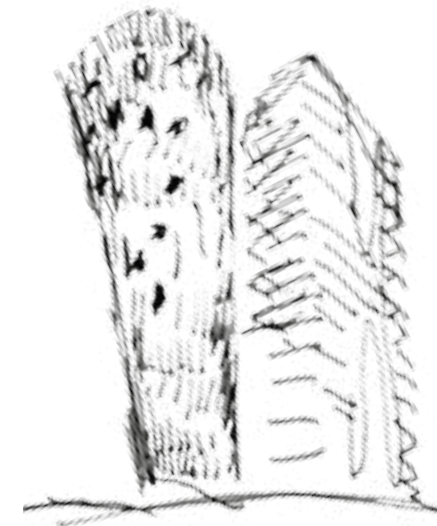
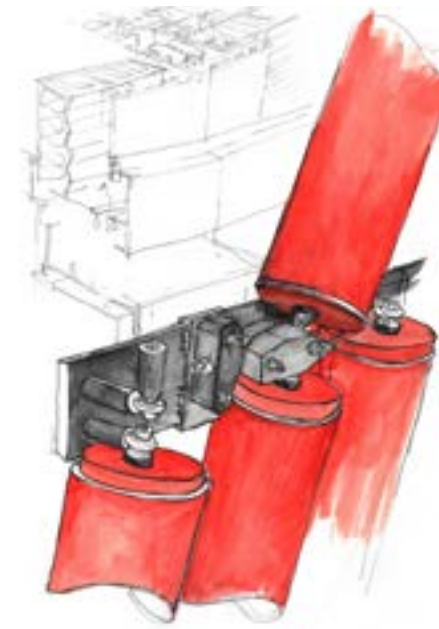












Estudio de Caso nº 5

TORRES PORTA FIRA
L'HOSPITALET.

TORRES PORTA FIRA

Arquitectos:
Toyo Ito & Associates, Architects
b720 Fermín Vázquez Arquitectos

Dirección de obra:
Ferrés Arquitectos y Consultores

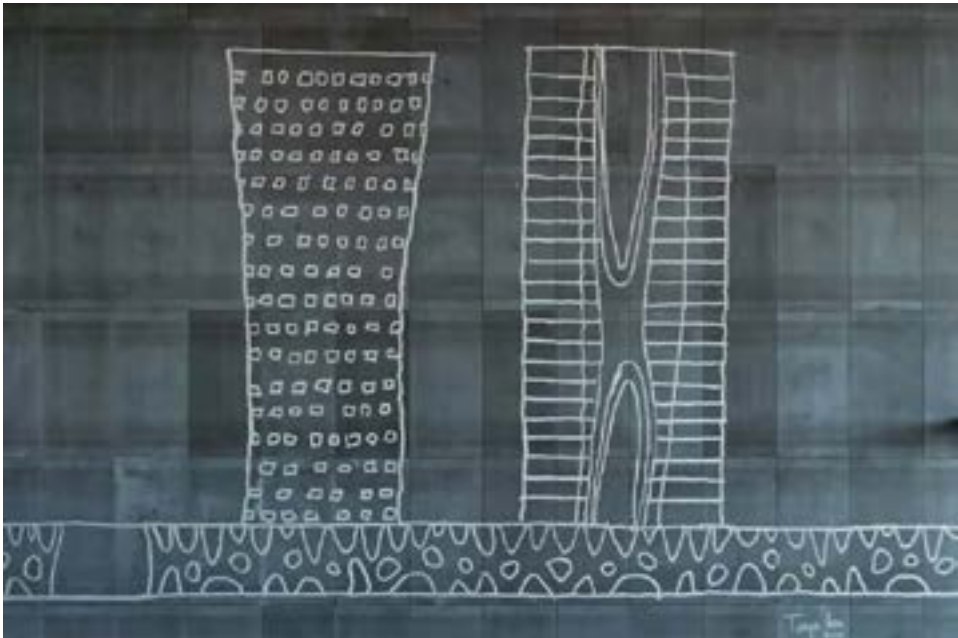
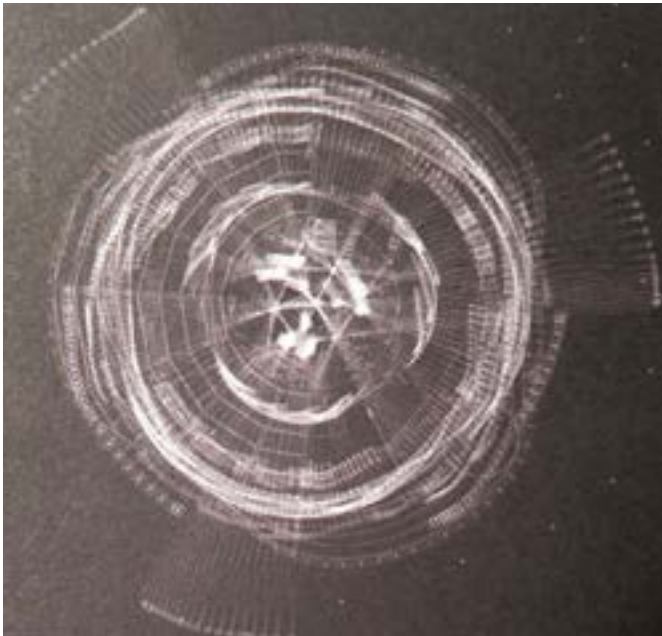
Año: 2007 - 2010

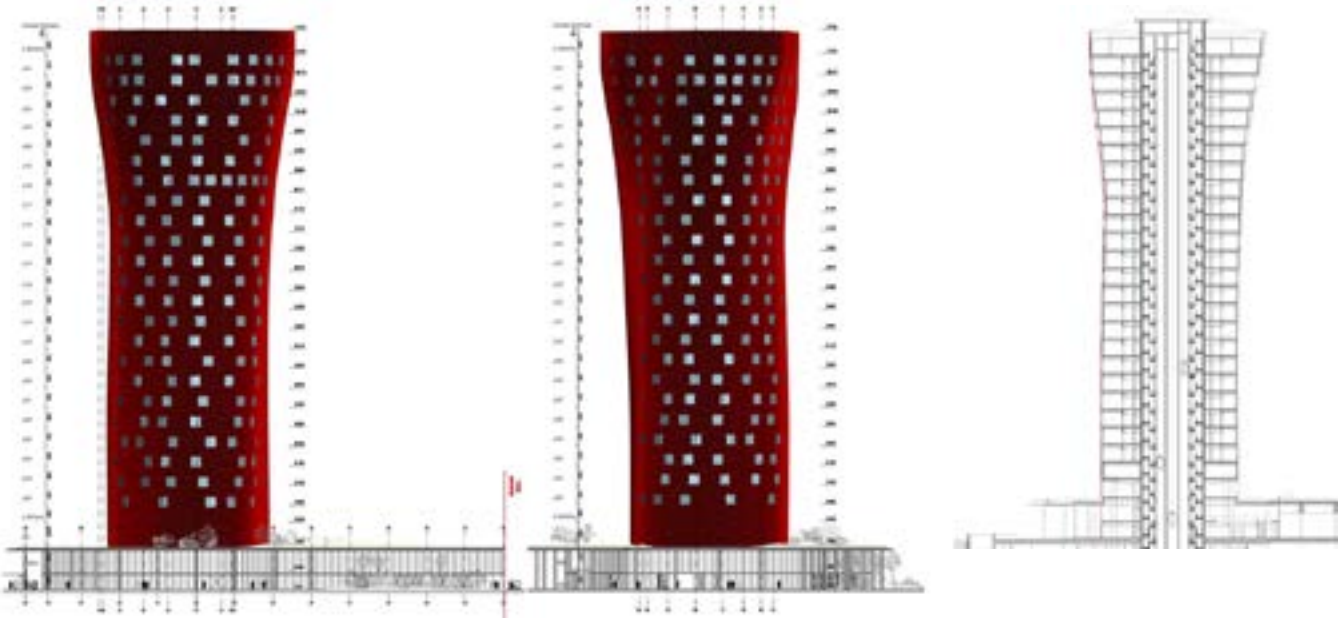
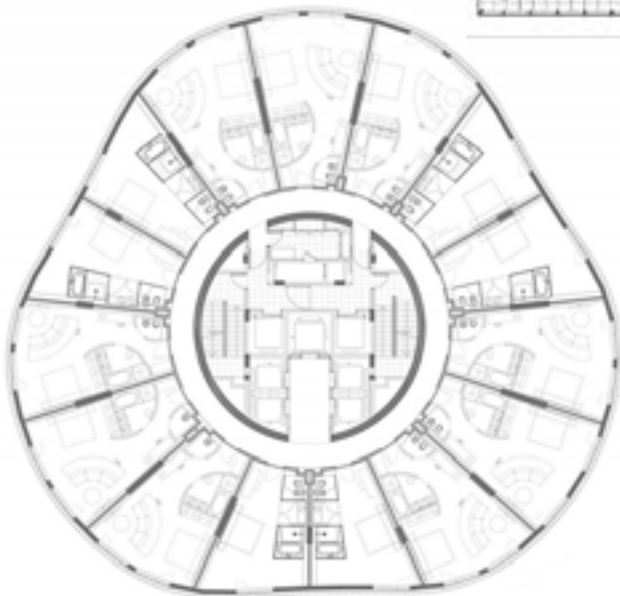
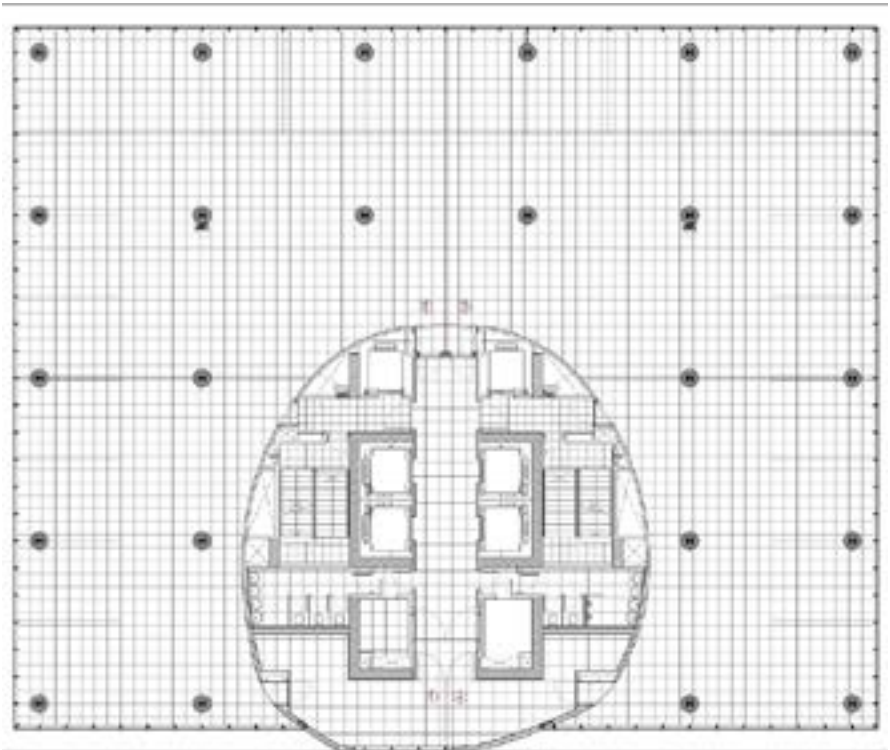
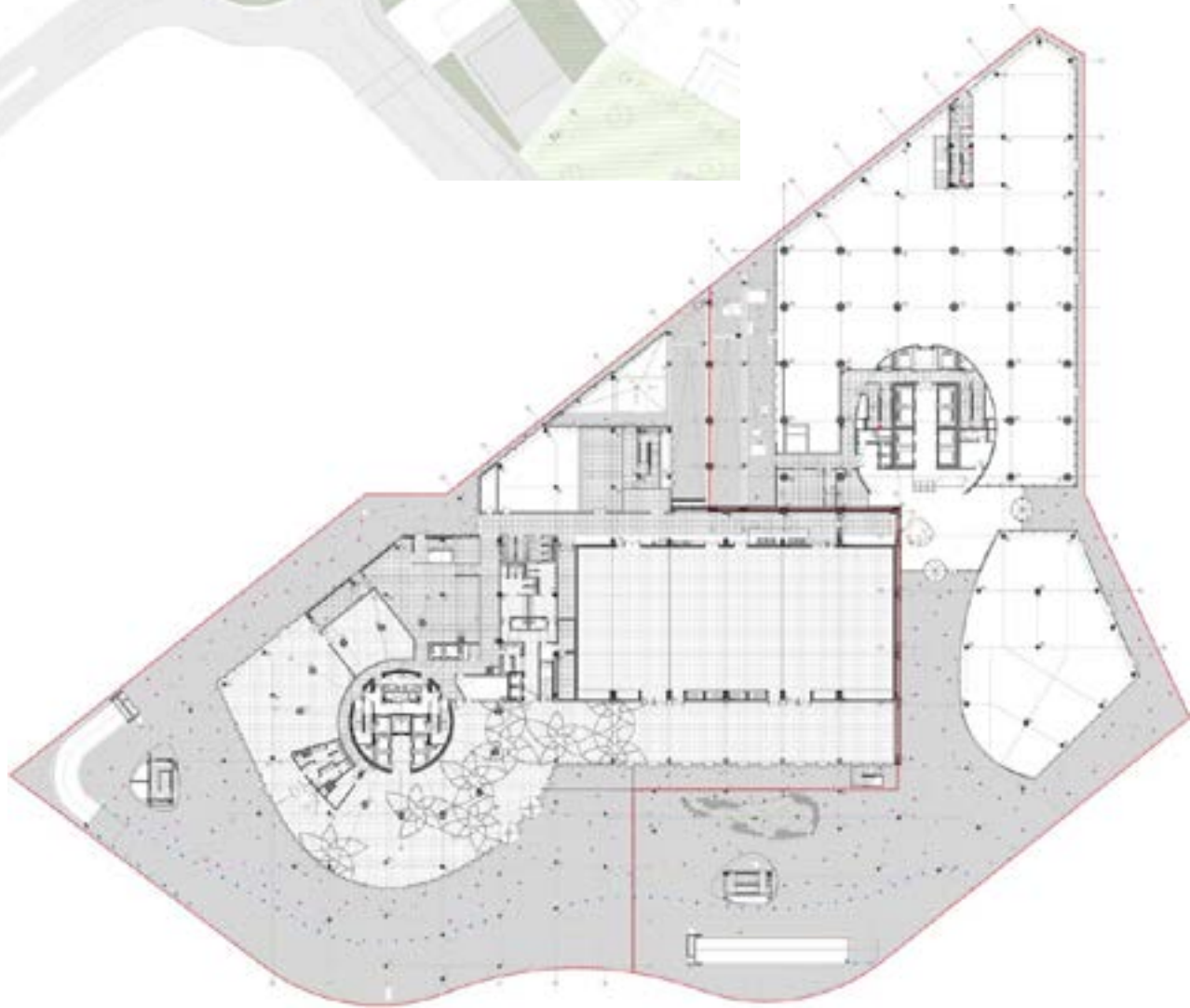
Superficie de la obra:
hotel 34.688 m2; oficinas 45.419 m2

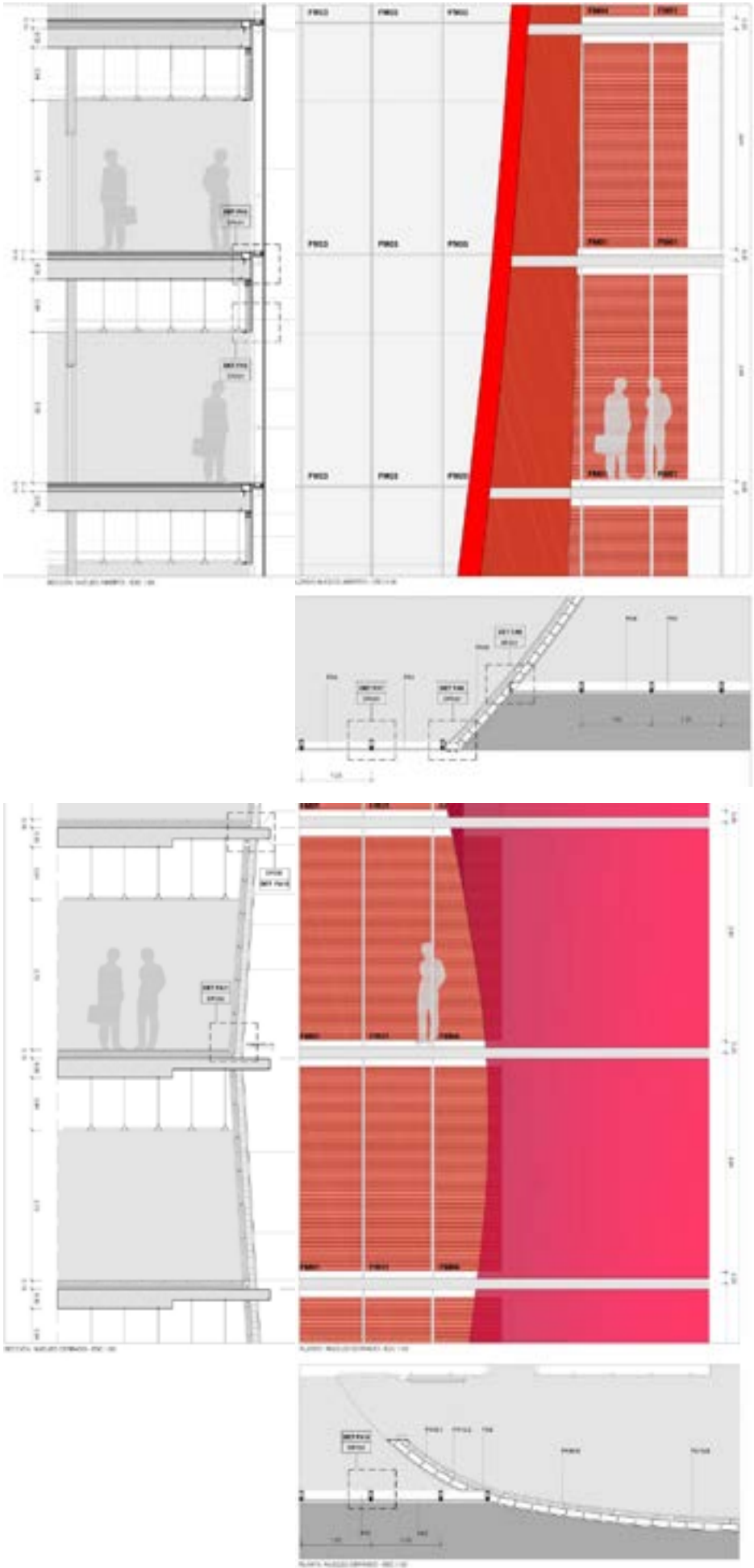
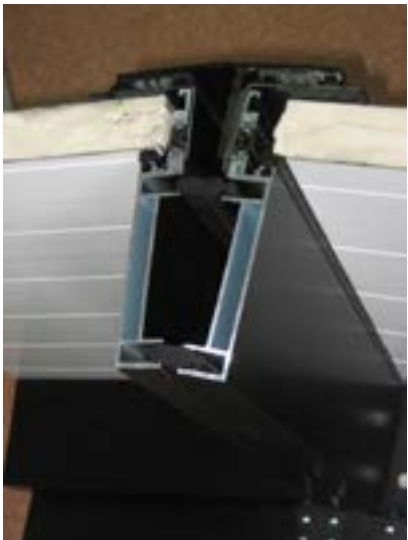
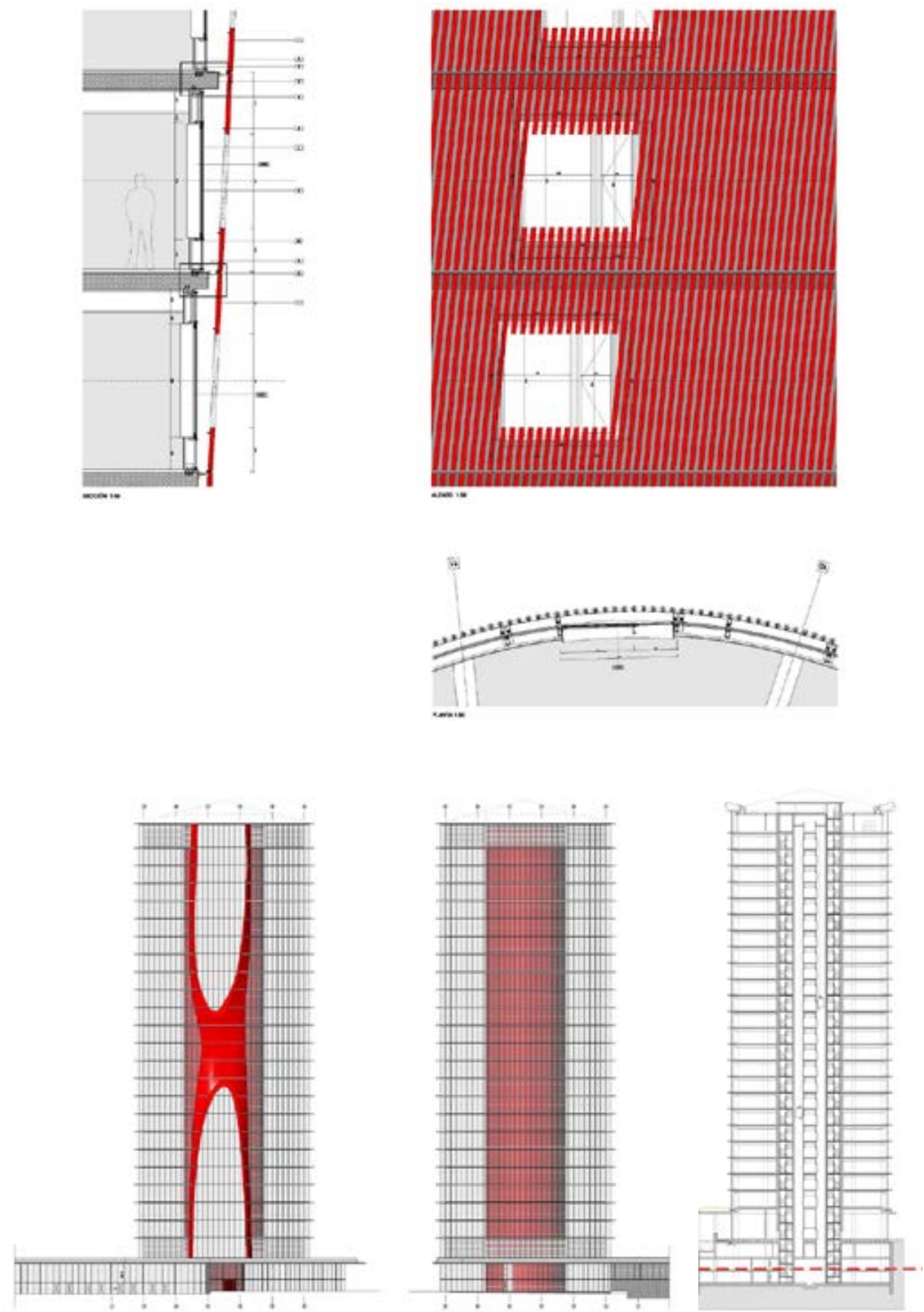
Superficie de la Fachada:
Oficinas 9.600m2, Hotel 19.200m2

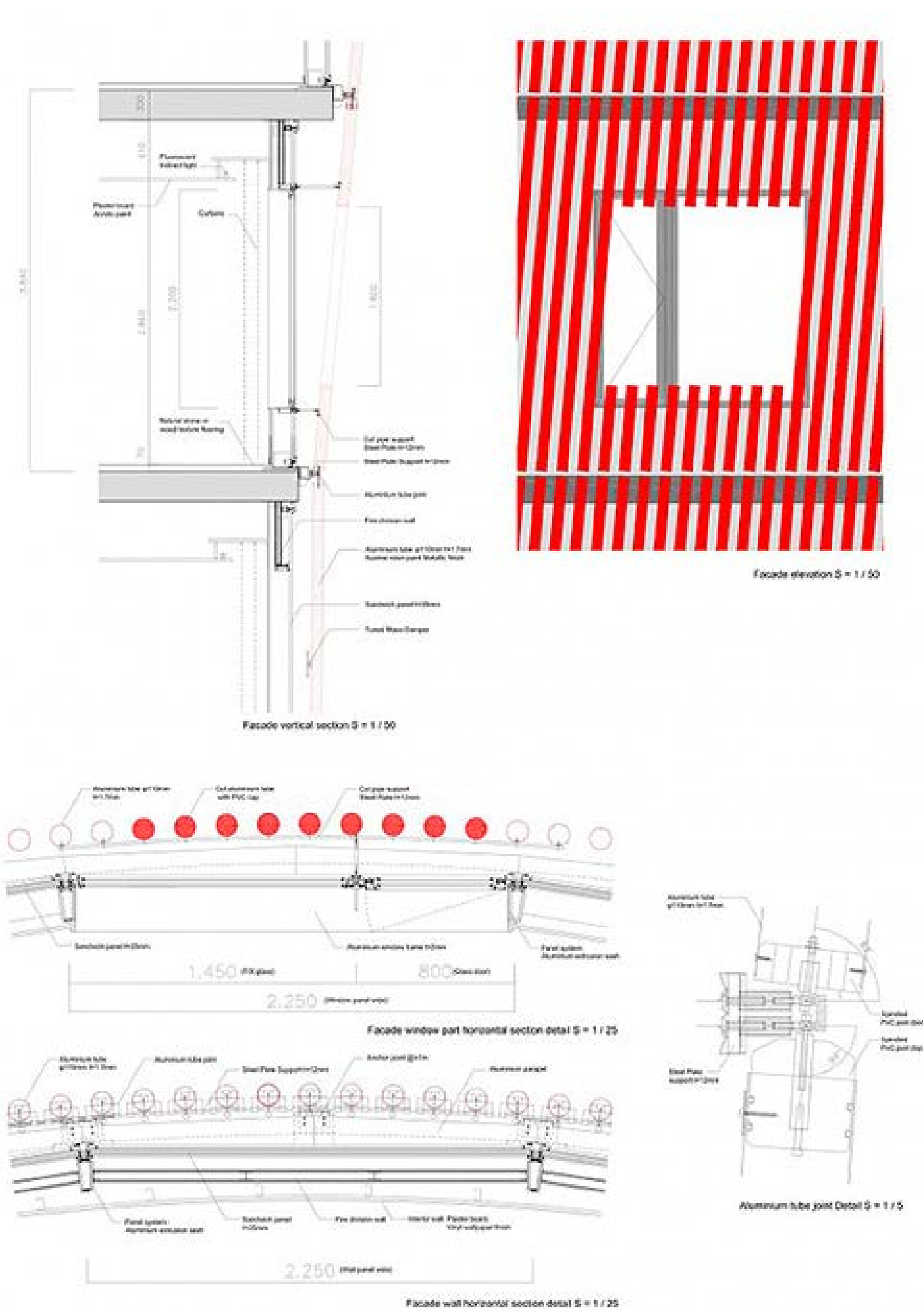
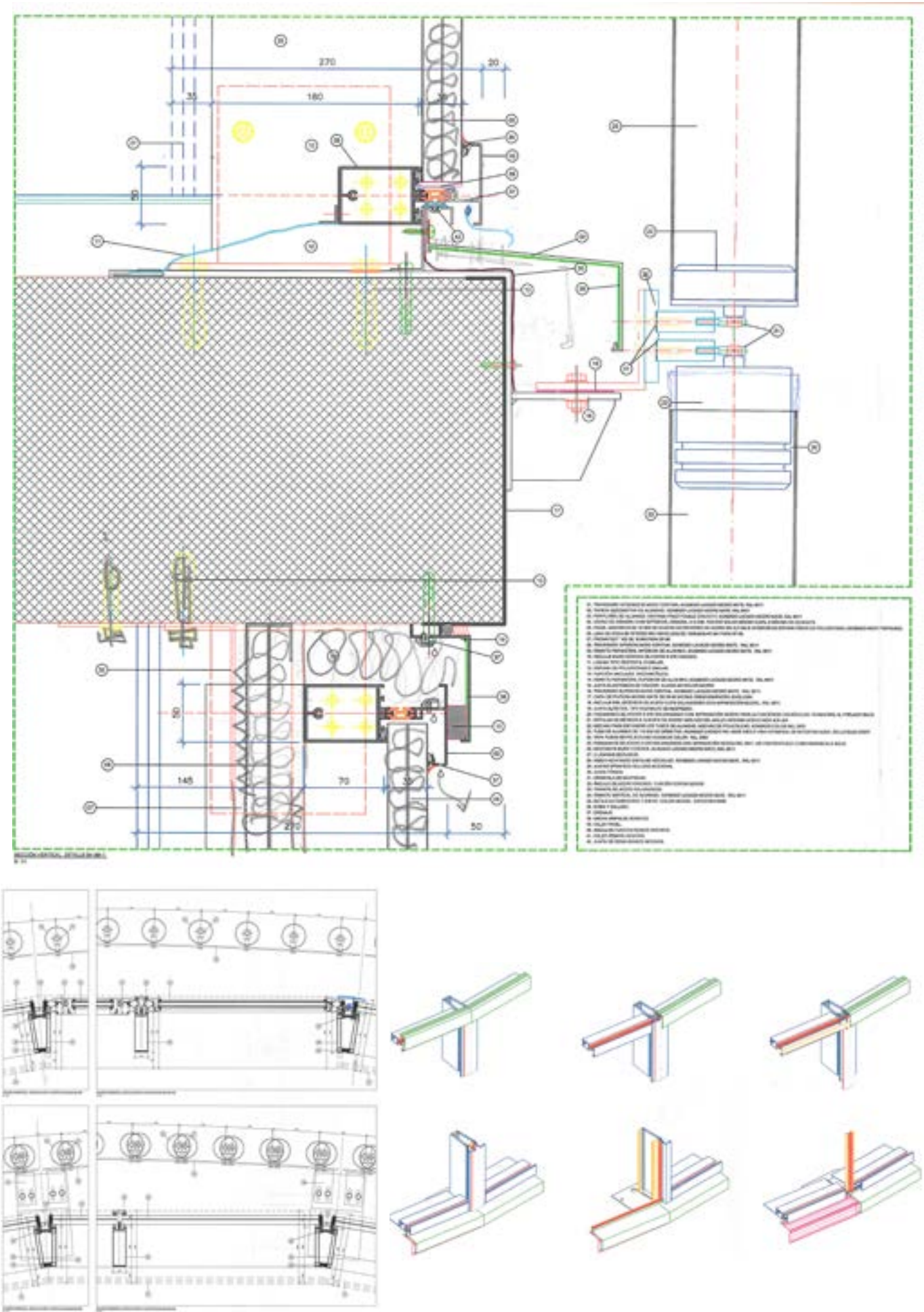
PEM de la partida de fachadas:
Zócalo, 2.200.000€;
Hotel, 9.800.000€;
Oficinas, 6.800.00 €

Constructor fachada:
Mernie, Alcotan, García Faura.

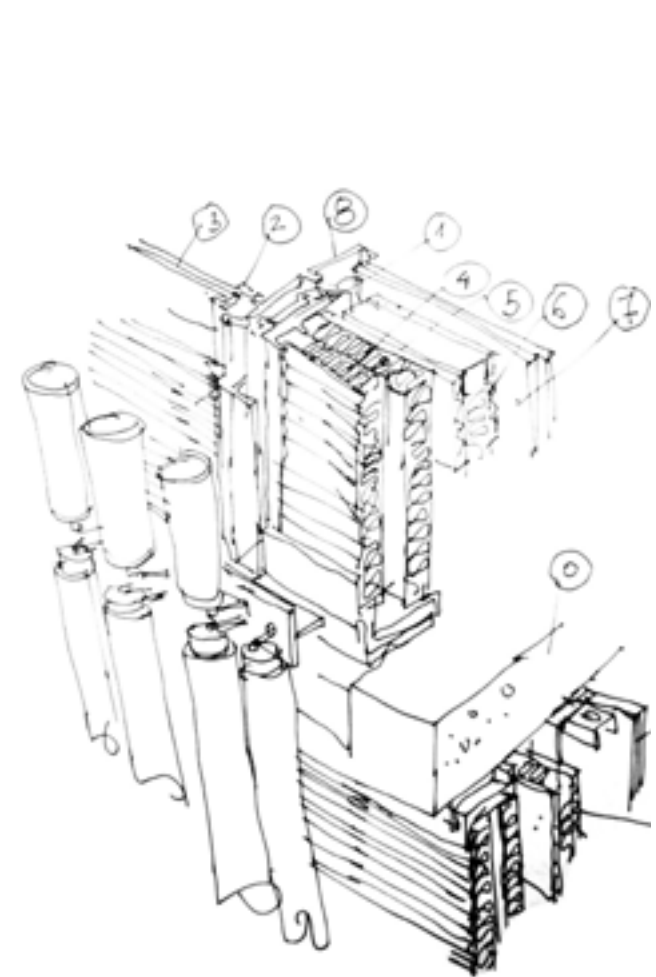
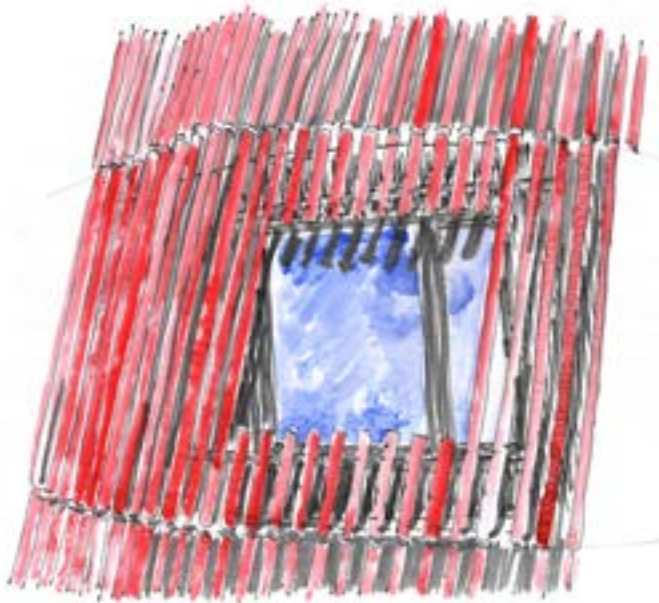




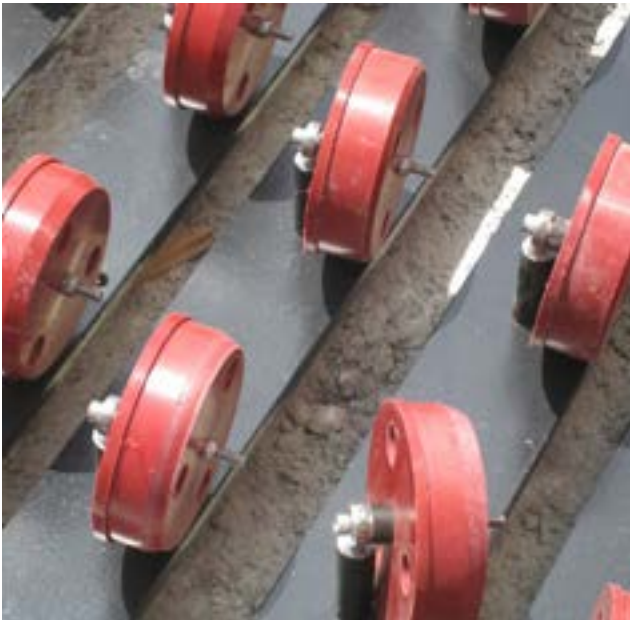




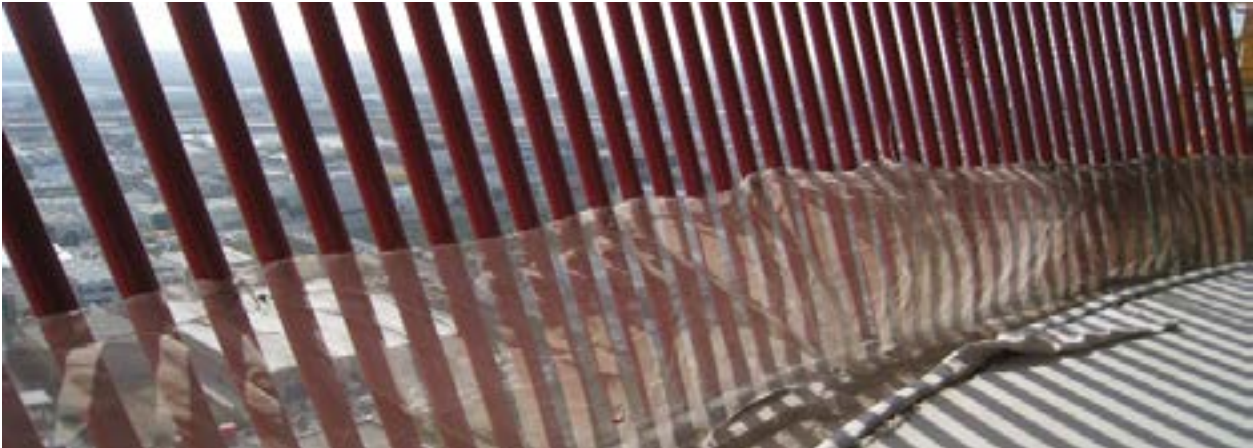
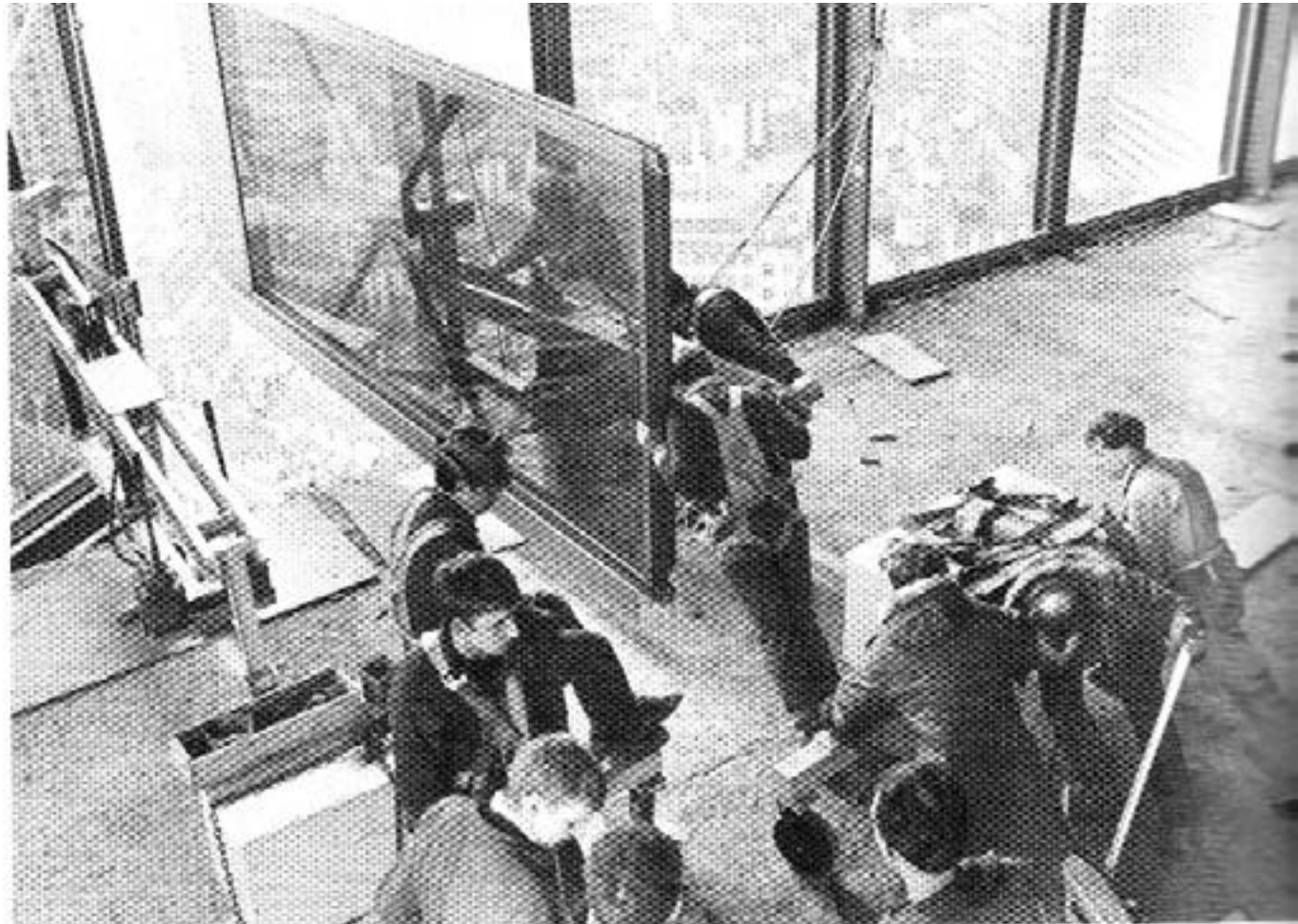


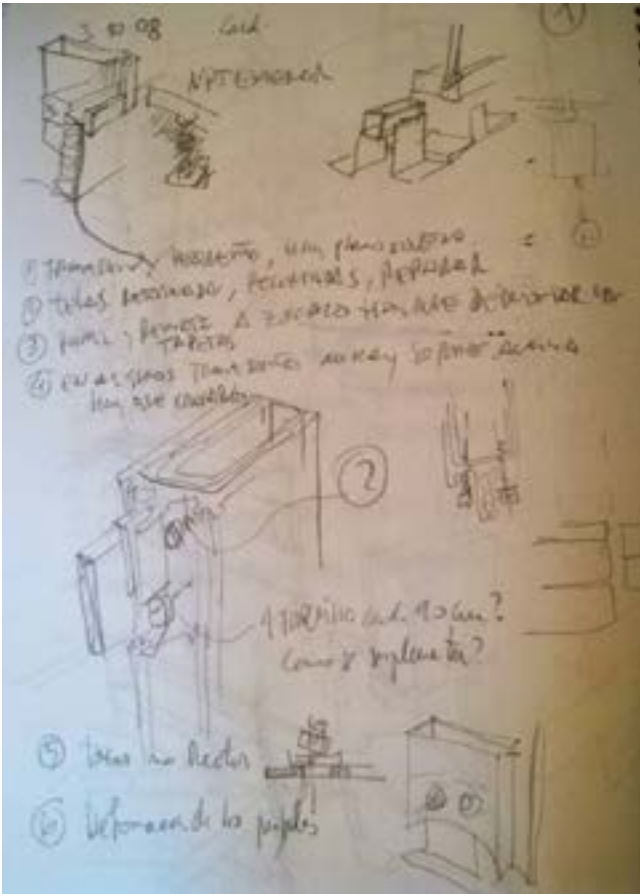


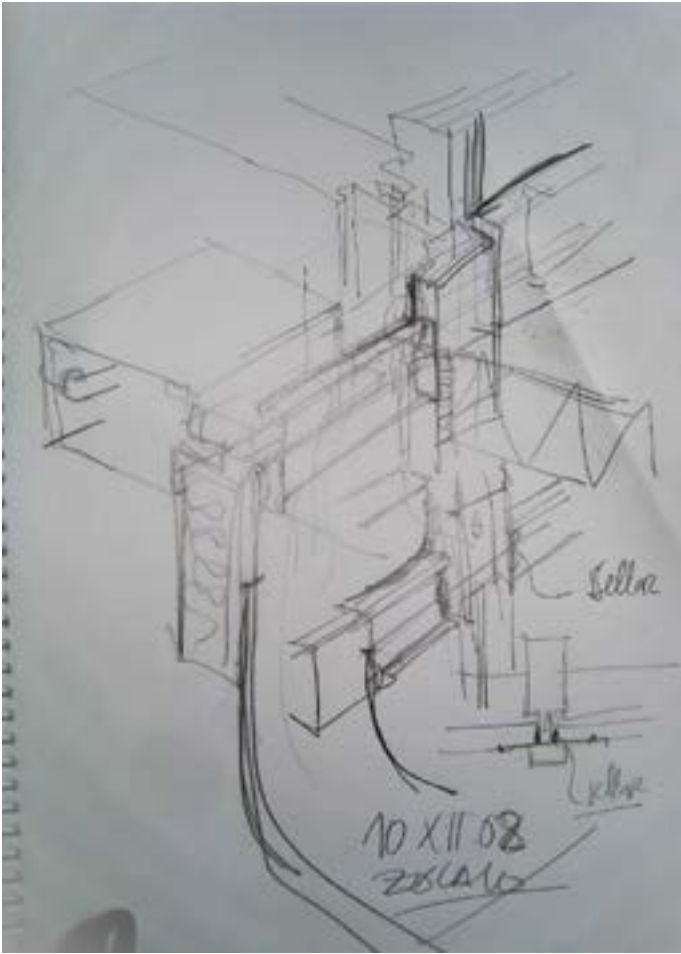














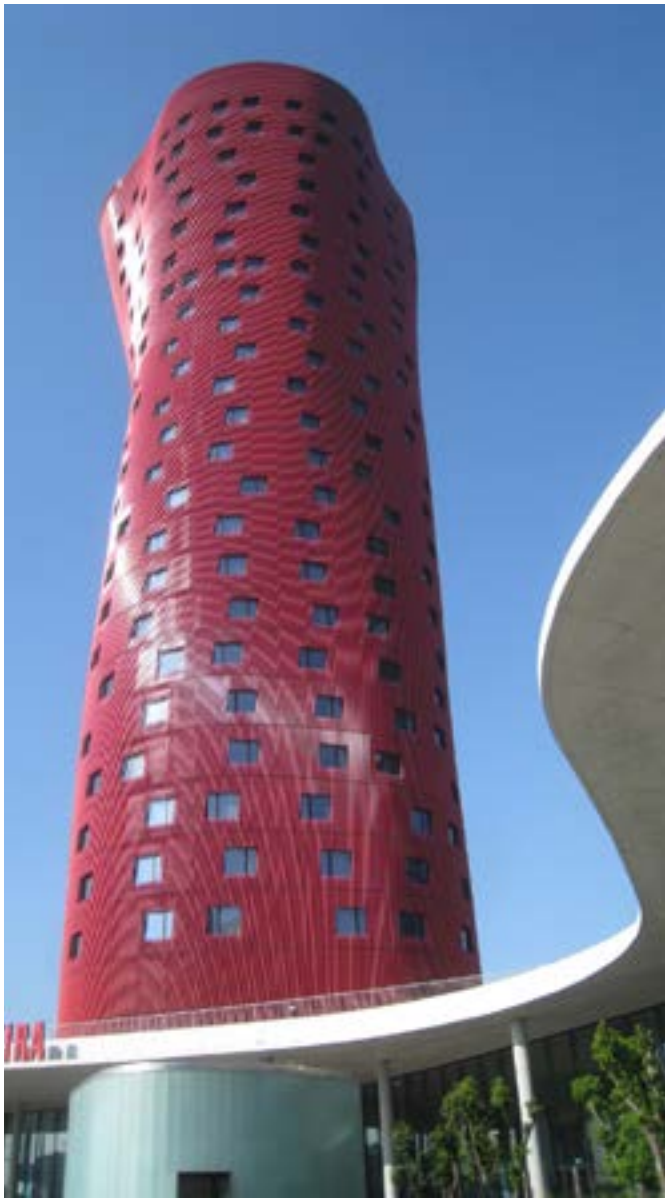




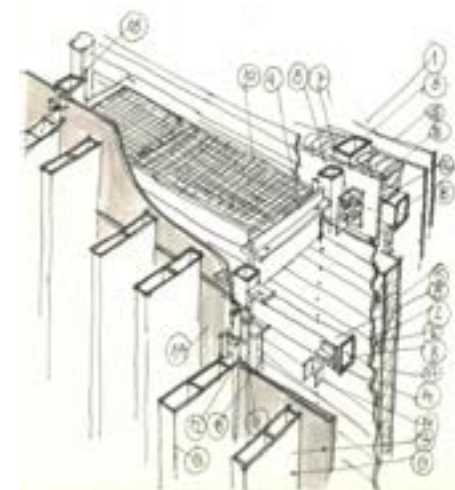












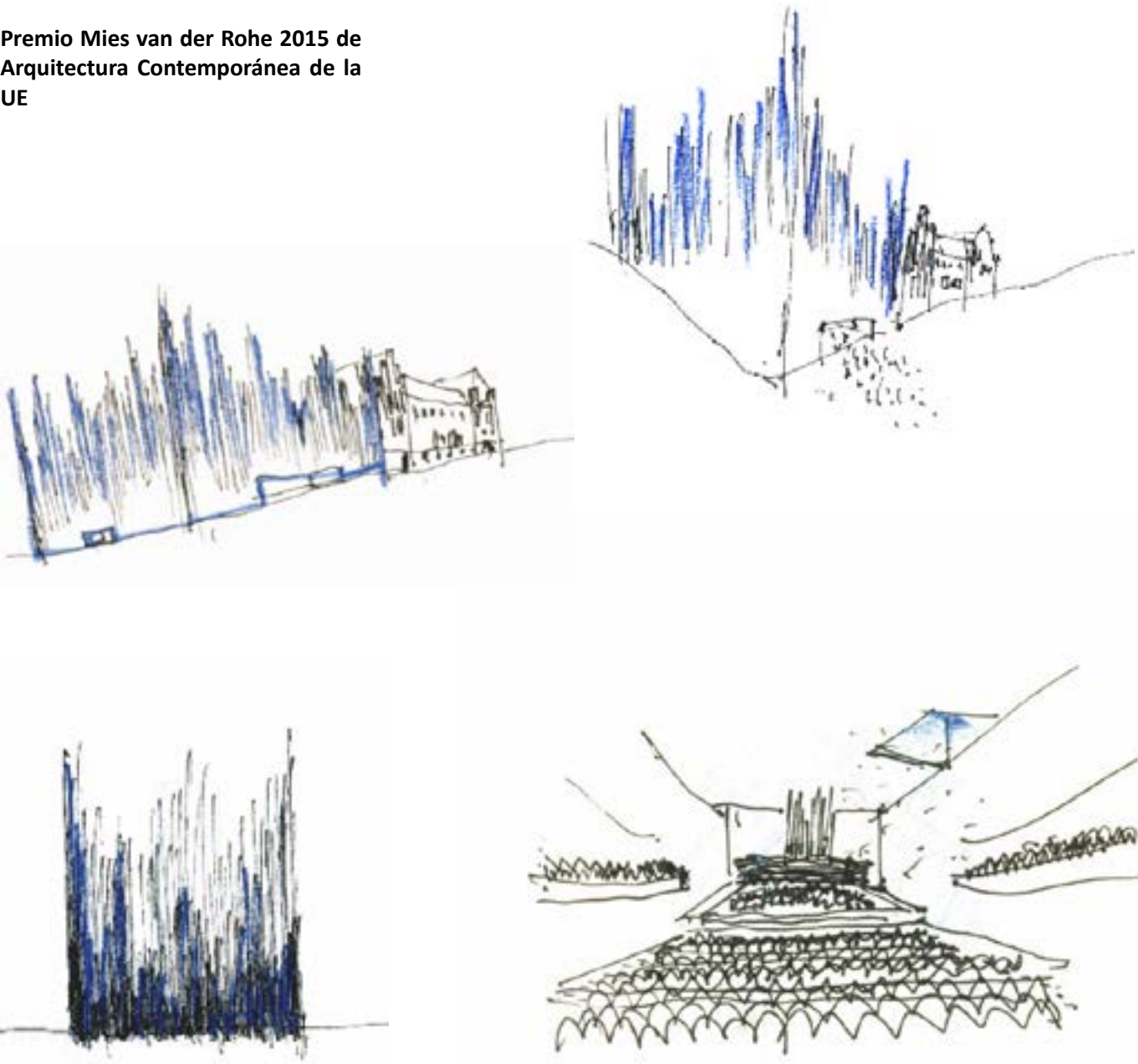
Estudio de Caso nº 6

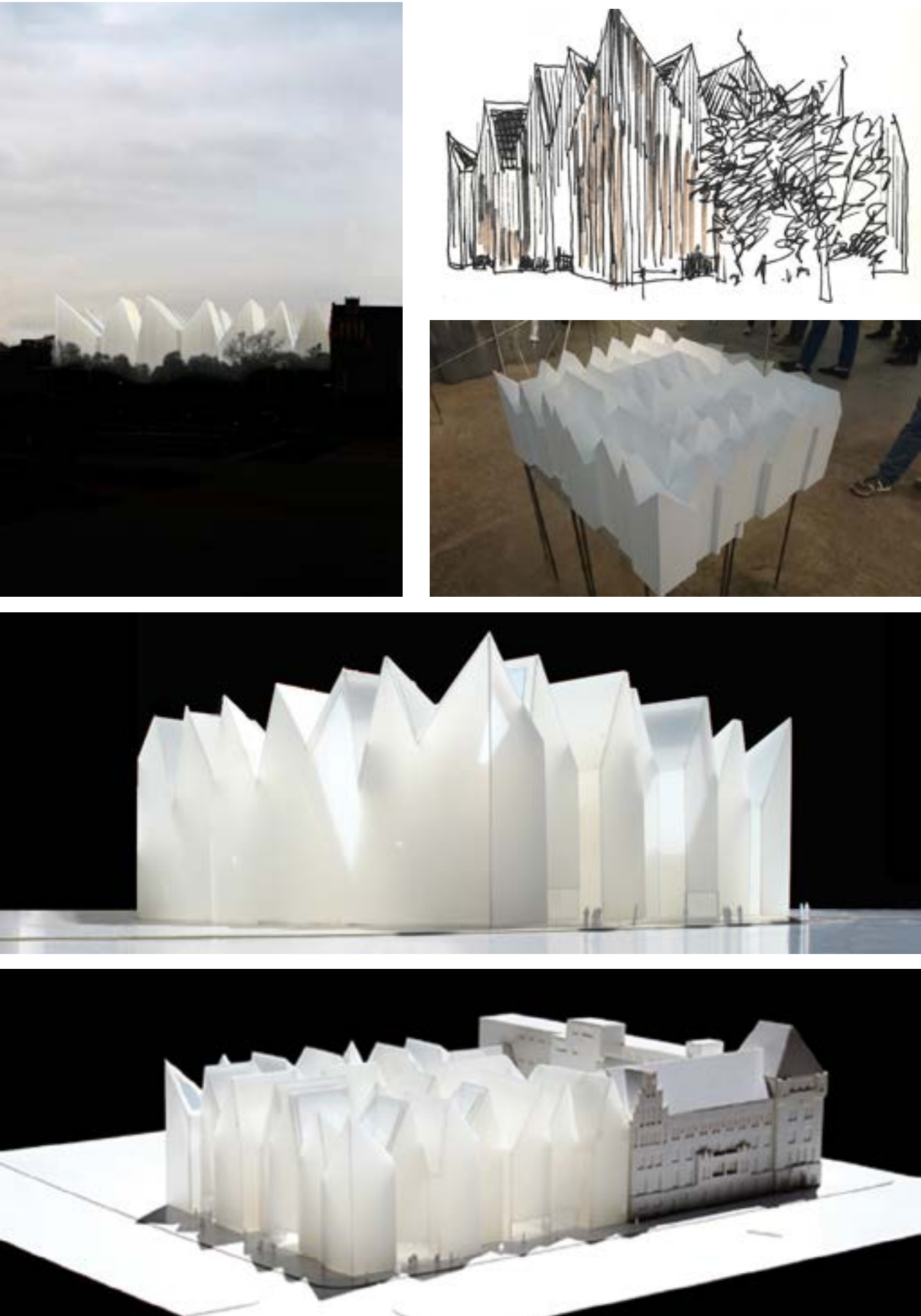
SCZESCIN PHILHARMONIC
SZCZECIN. POLAND

PHILHARMONIC SZCZECIN

Arquitectos:
EBV estudio Barozzi Veiga
Consultor de fachadas:
Ferrés Arquitectos y Consultores
Año: 2009 - 2014
Superficie de cubierta:
5.200m2
Superficie de fachadas:
4.500m2
PEM de la partida de fachadas y cubierta:
5.600.000 €
Constructor de fachada:
Folcrà

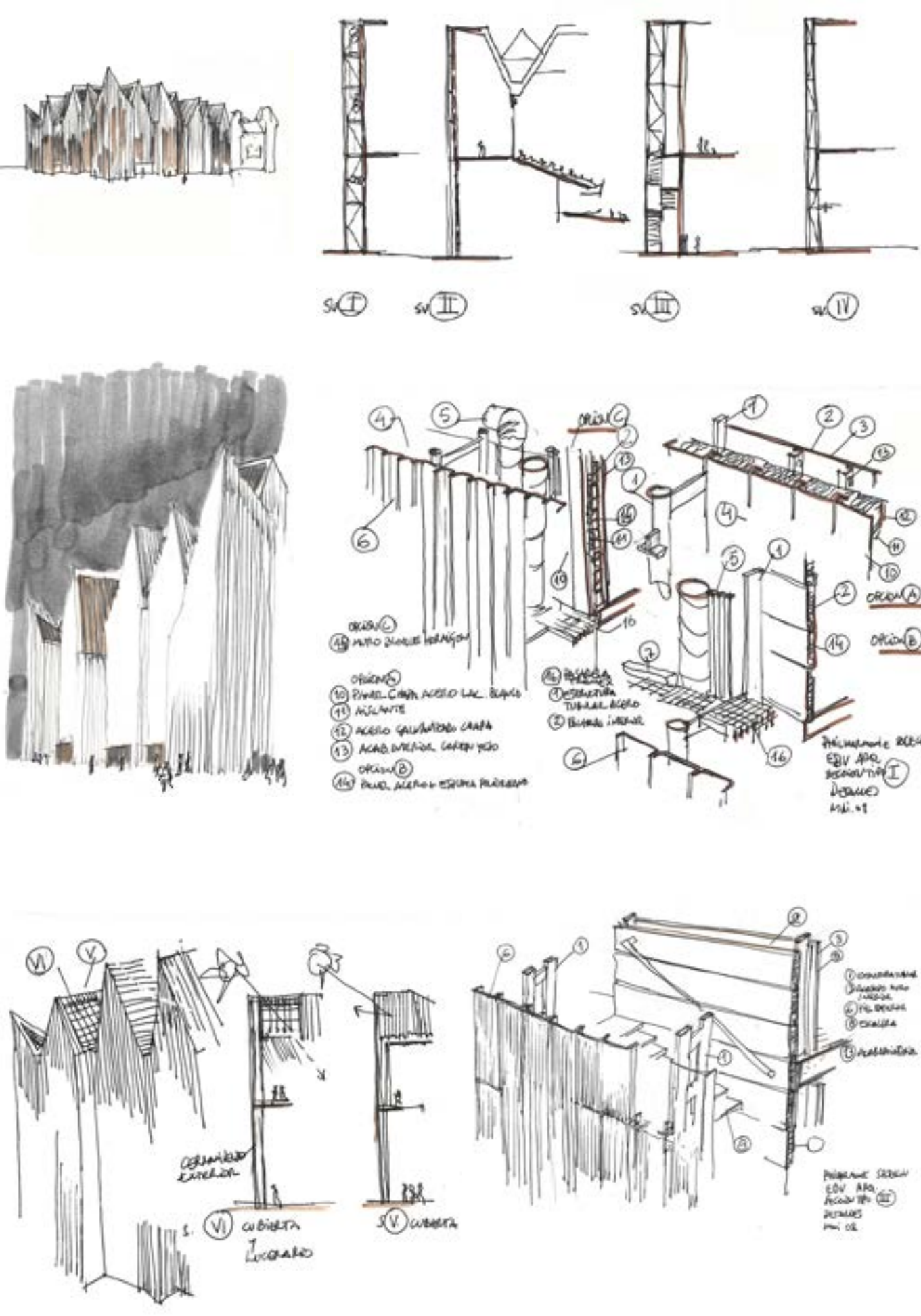
**Premio Mies van der Rohe 2015 de
Arquitectura Contemporánea de la
UE**





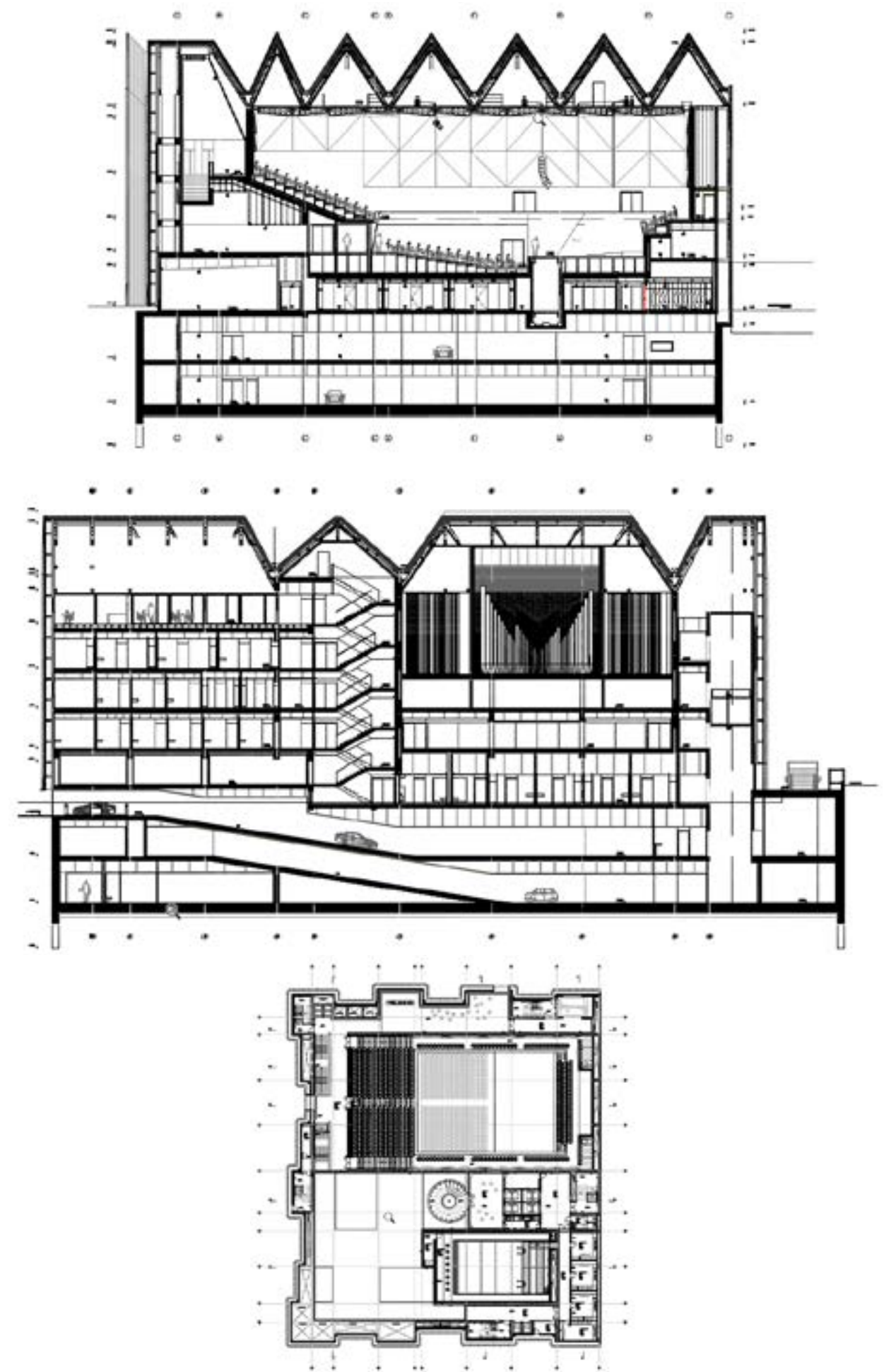
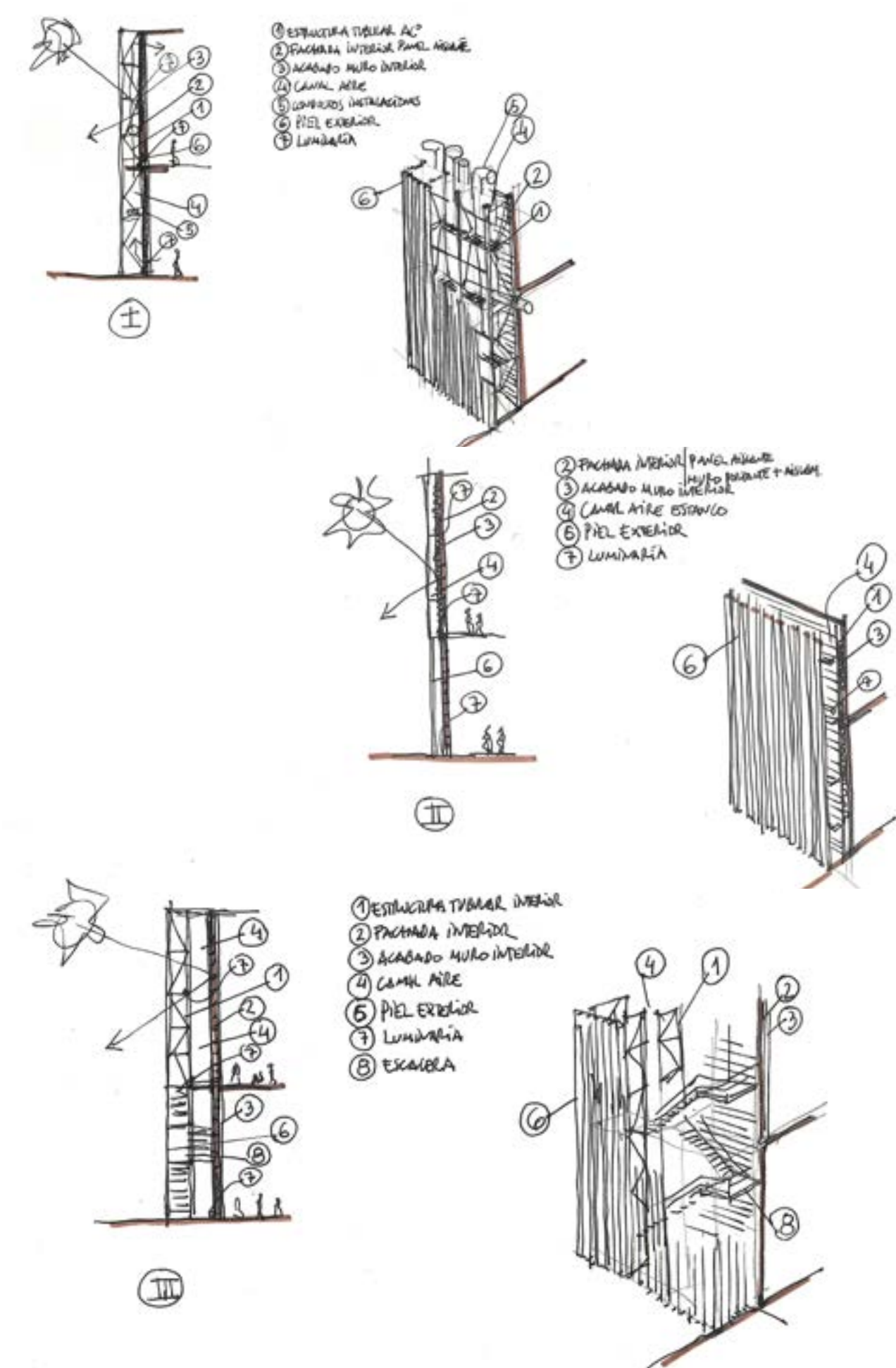
196

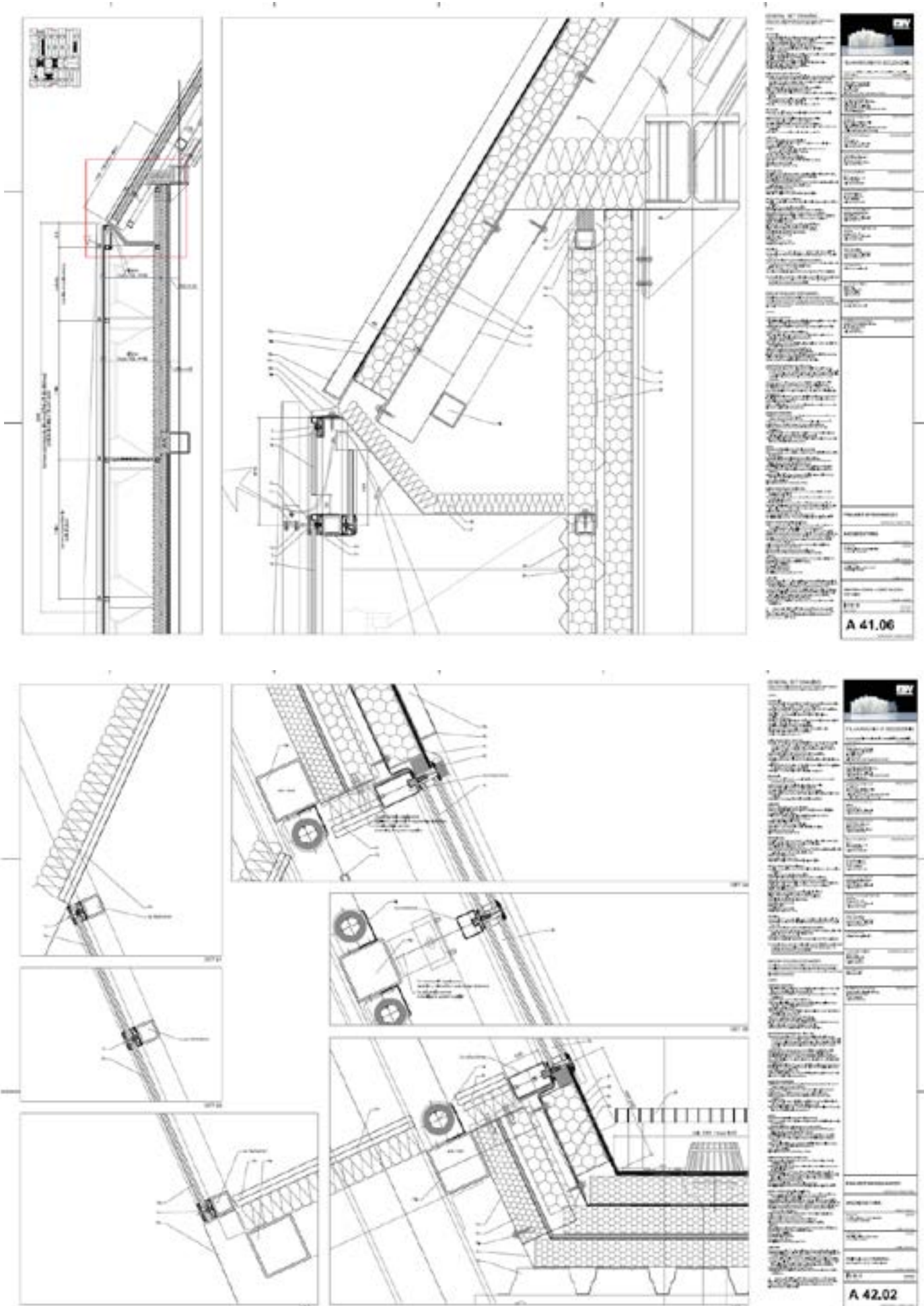
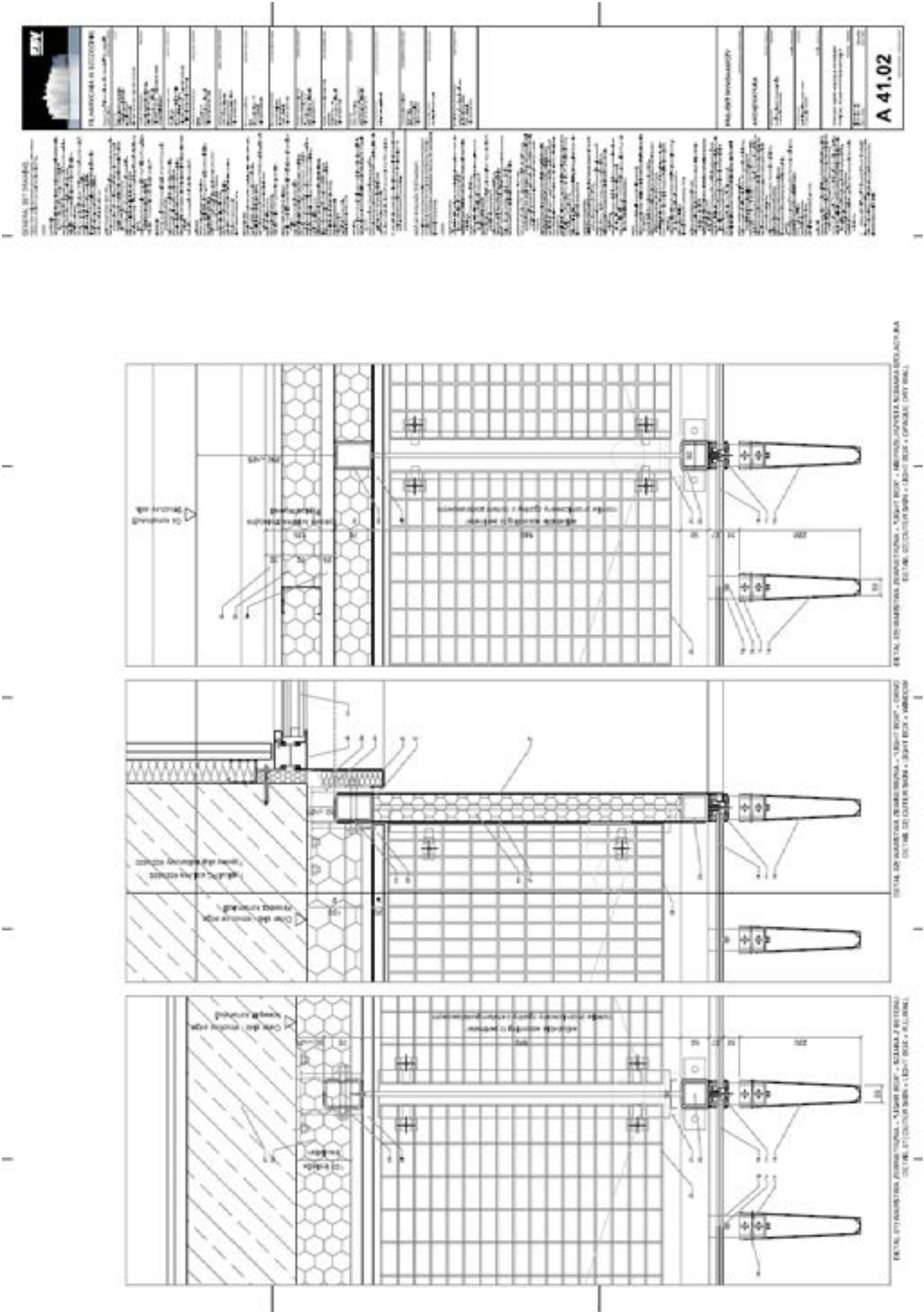
Concepto arquitectónico. Imágenes de referencia, maquetas y renders

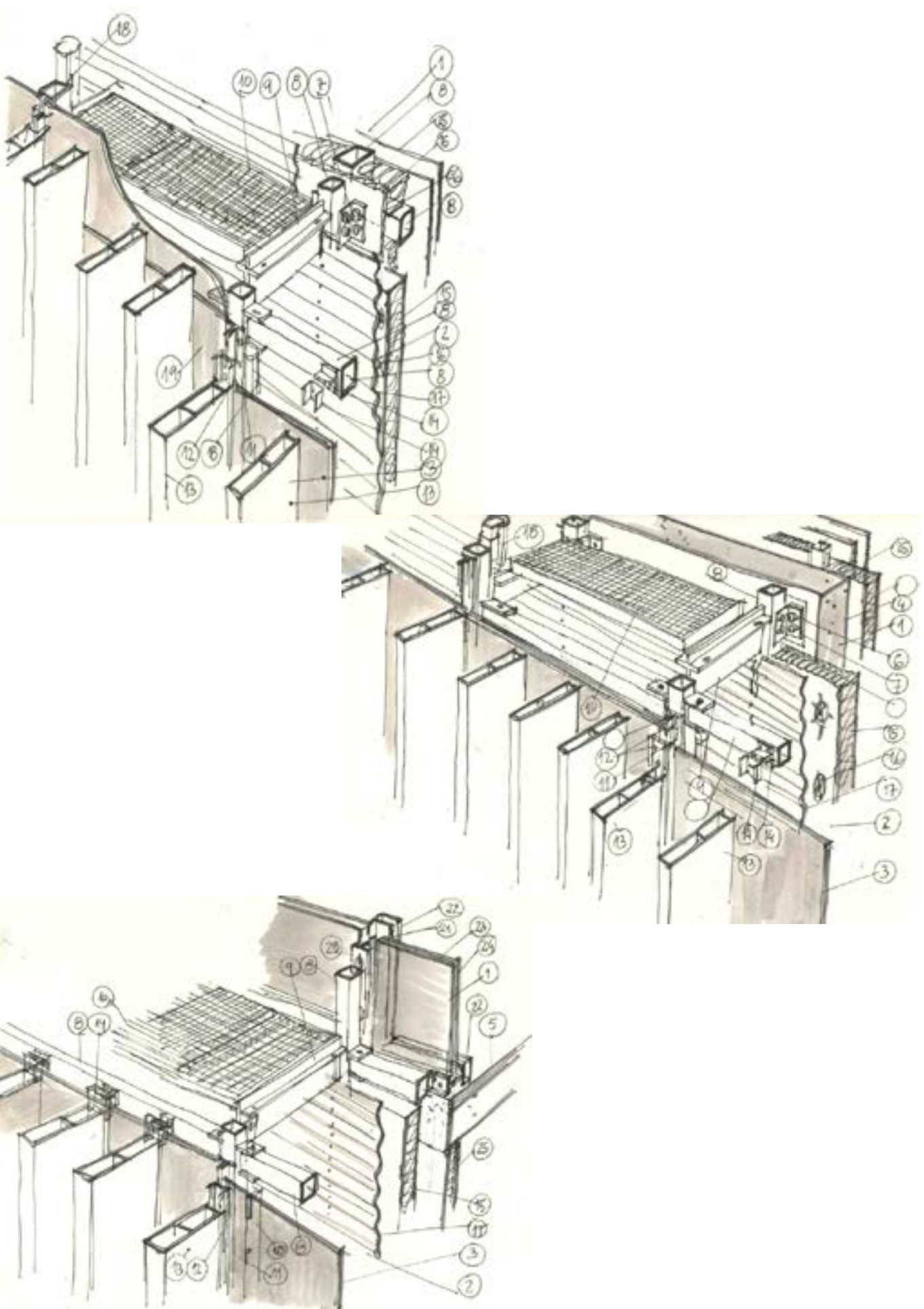
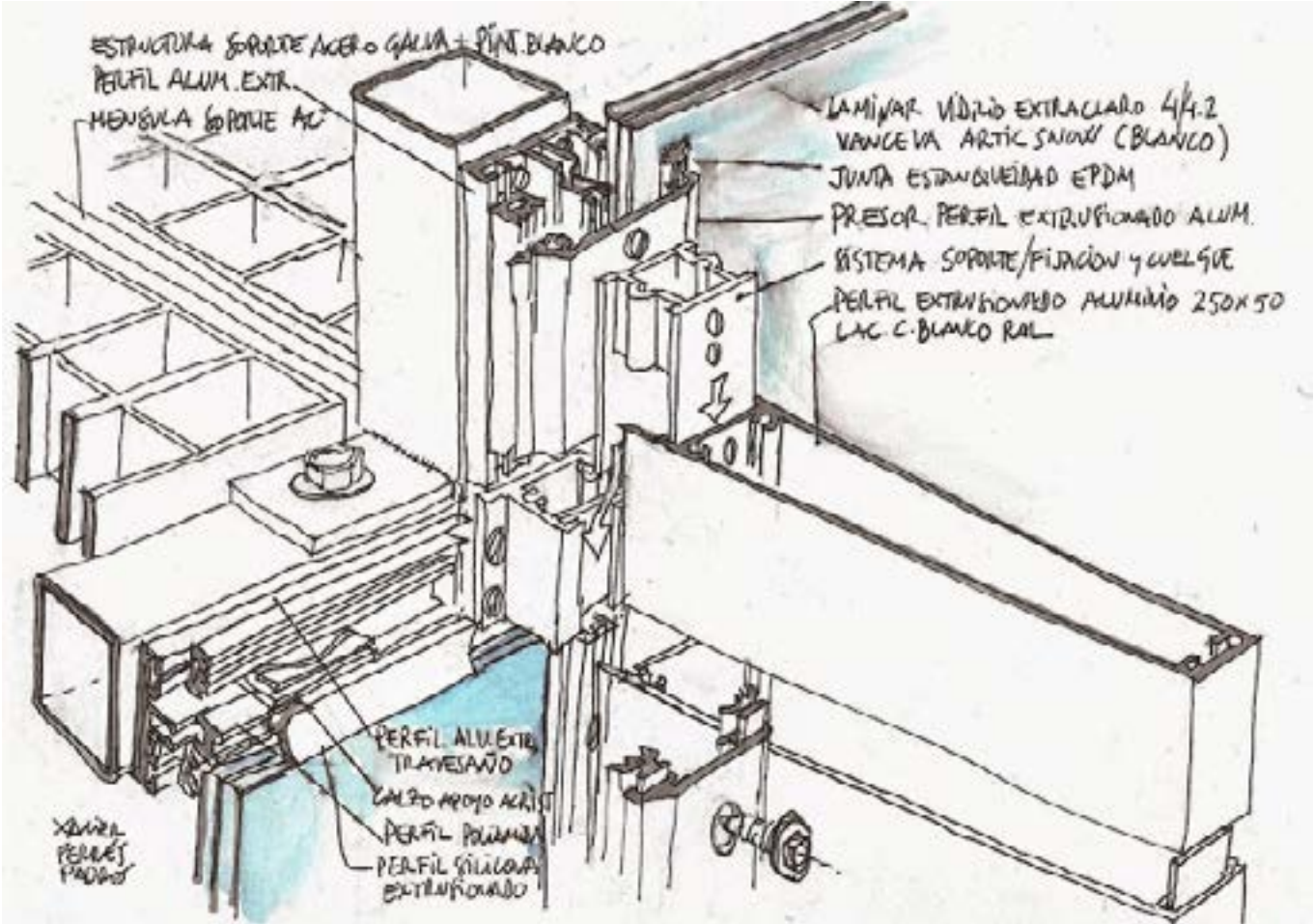
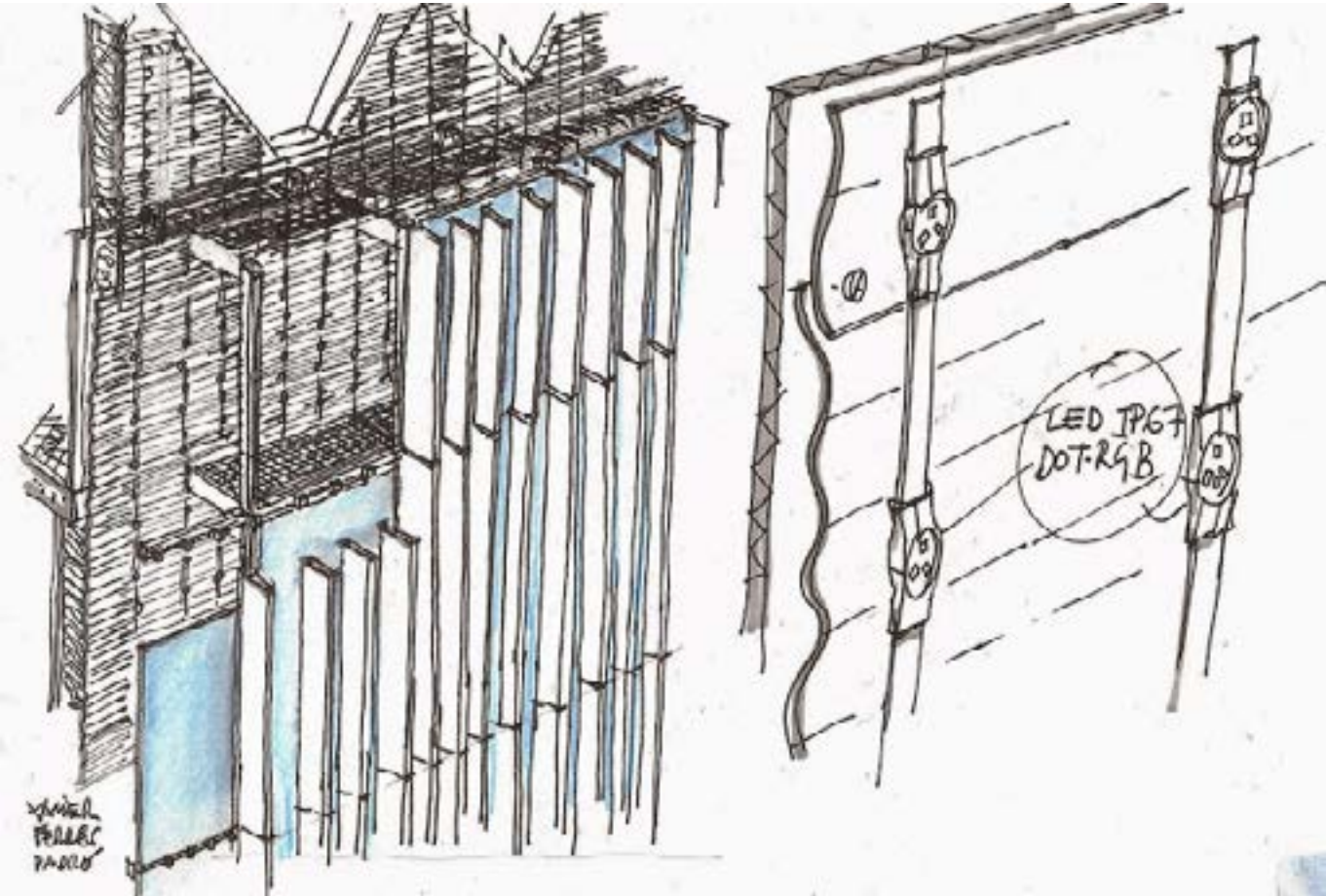


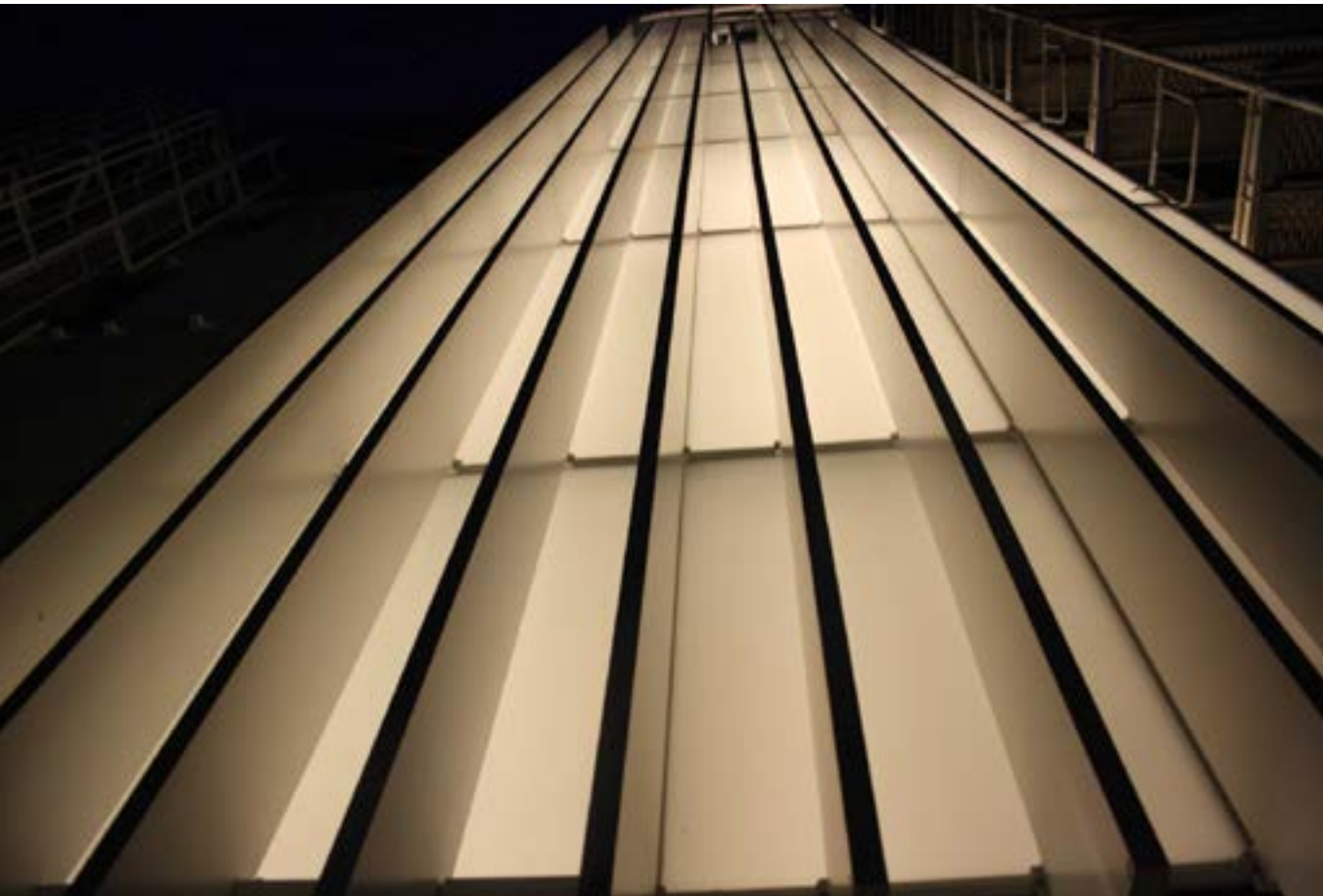
Croquis de concepto y sistema de fachadas, desarrollo de los detalles constructivos, materiales y productos. El nudo

197





















Estudio de Caso nº **7**

TORRE PROCAM-PUIG
L'HOSPITALET.

EDIFICIO DE OFICINAS
PROCAM PUIG

Arquitectos:
Rafael Moneo-Lucho Marcial.
GCA Arq.

Consultor de fachadas:
Ferrés Arquitectos y Consultores

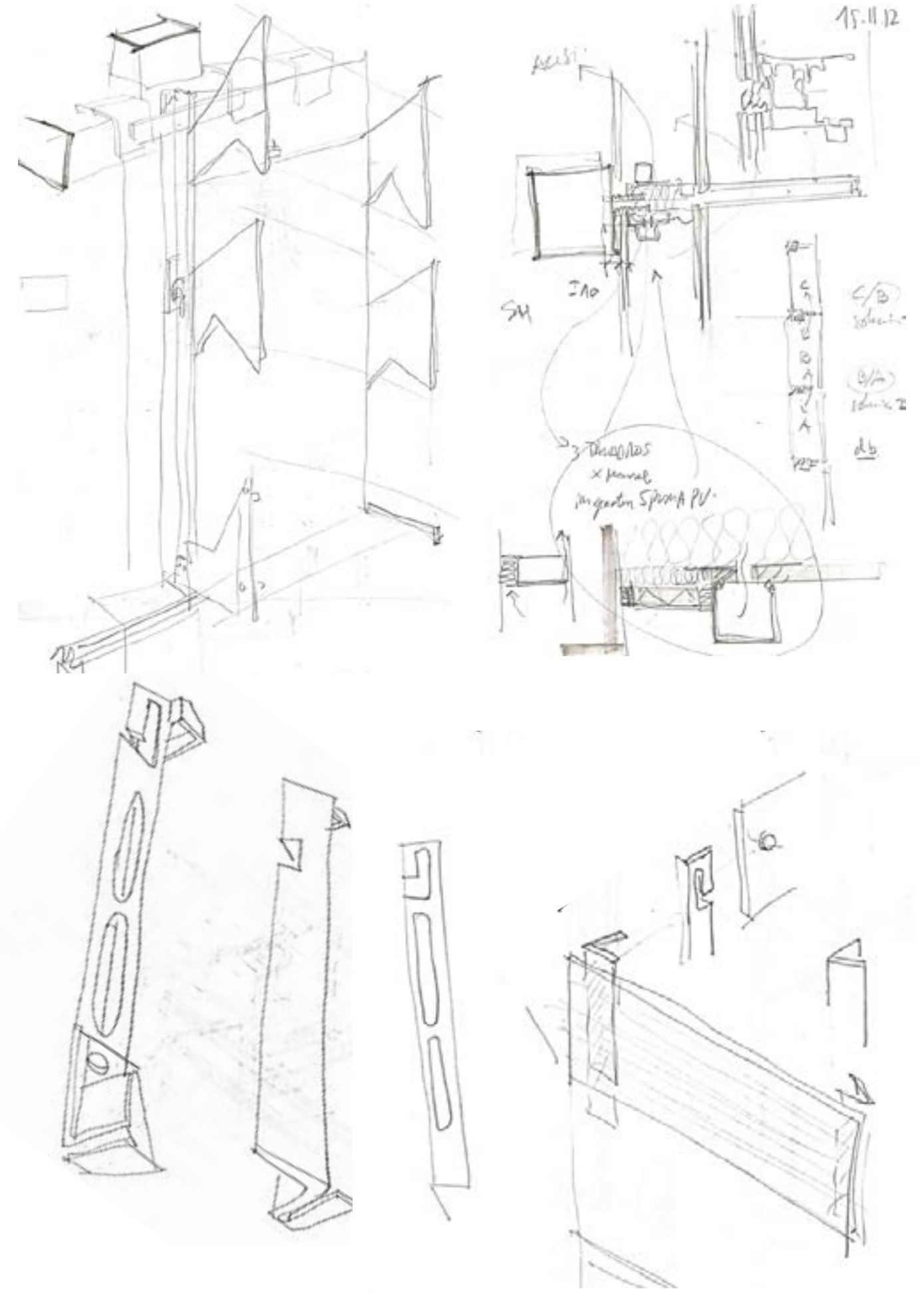
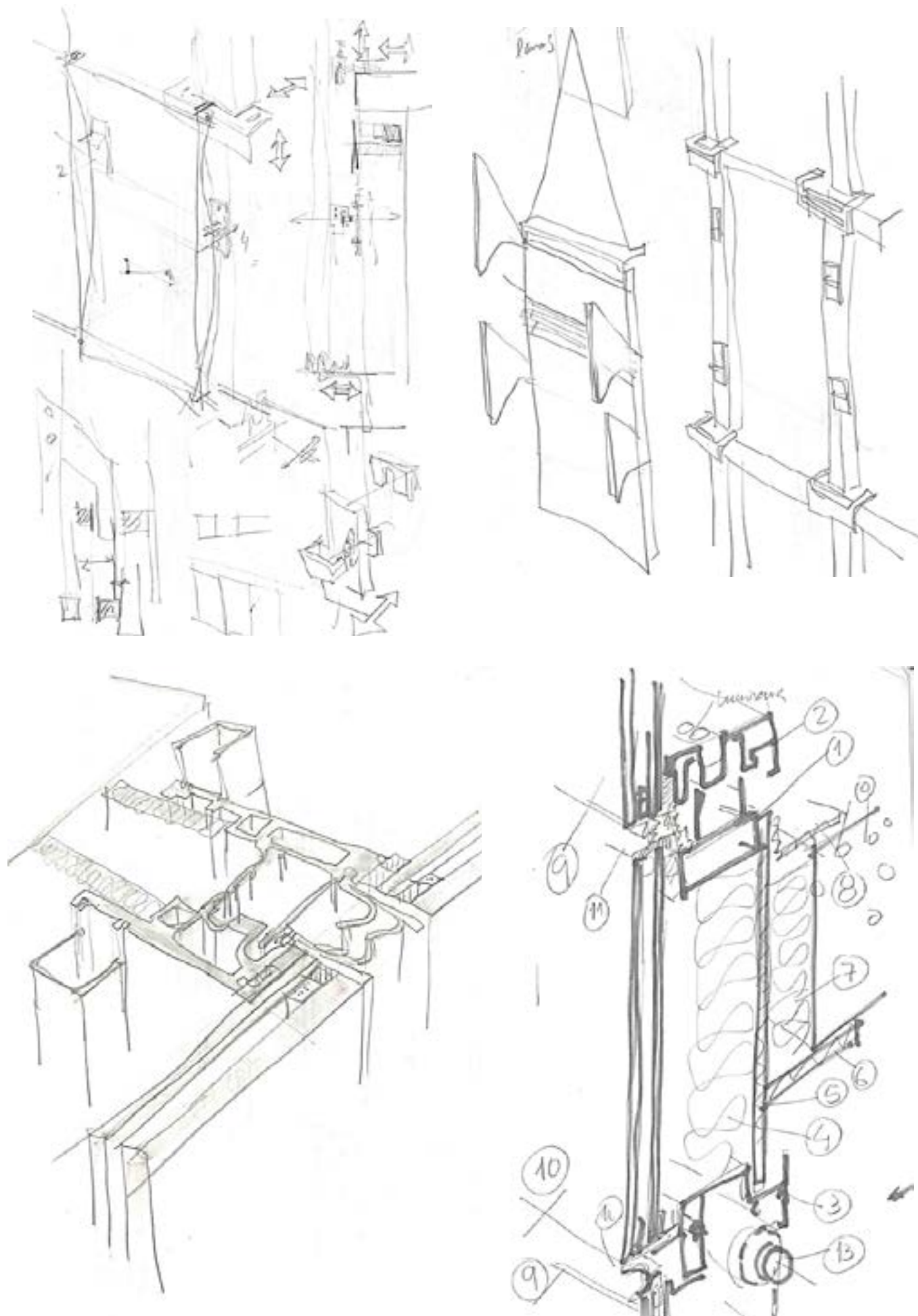
Año: 2012 - 2014

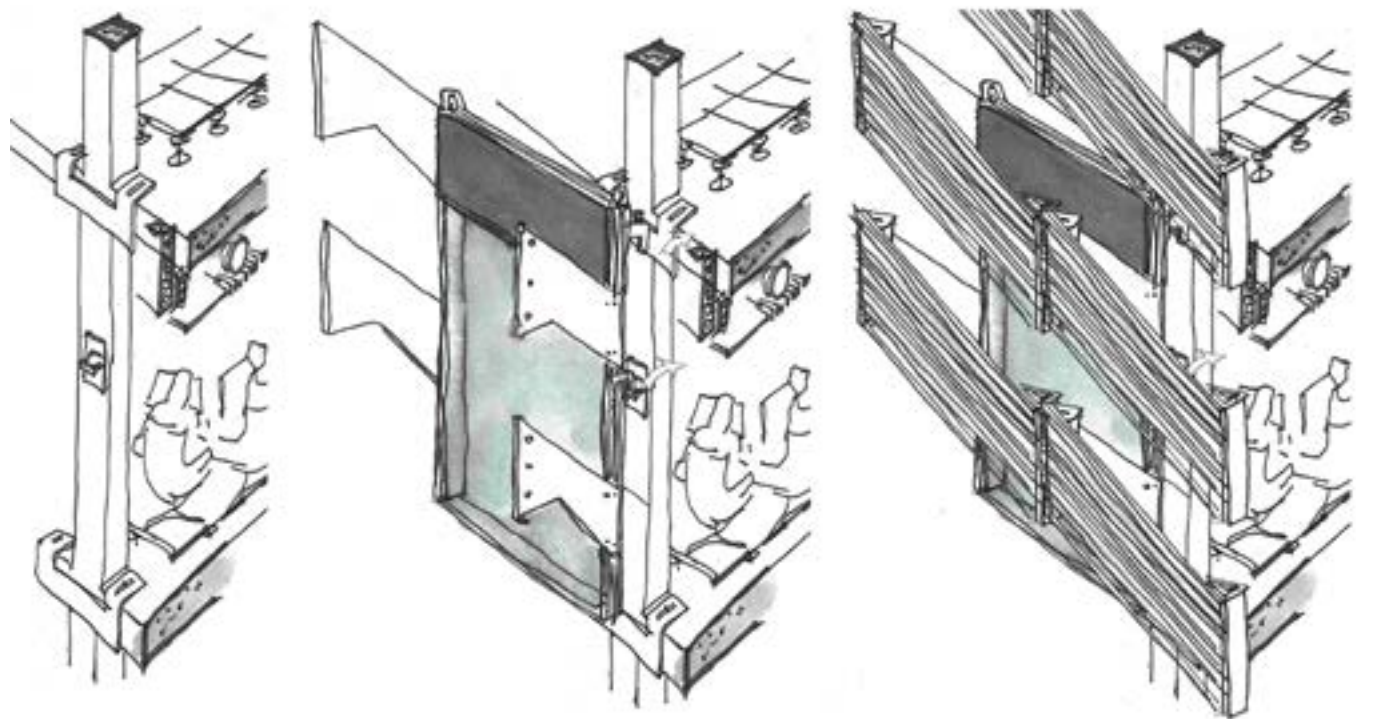
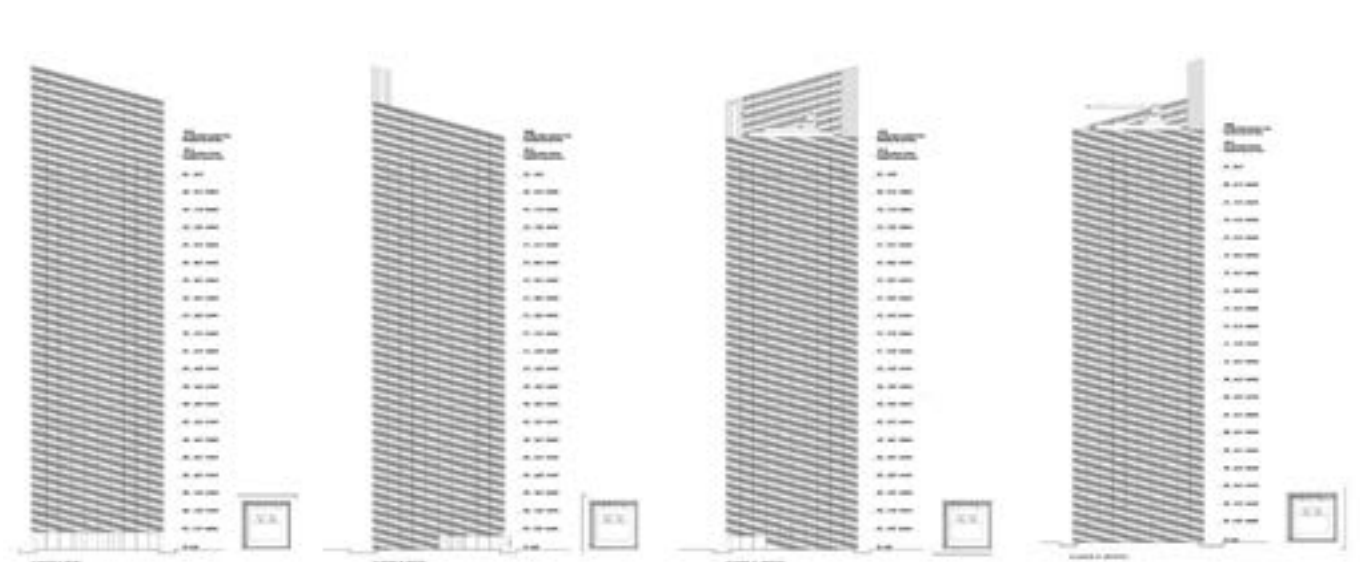
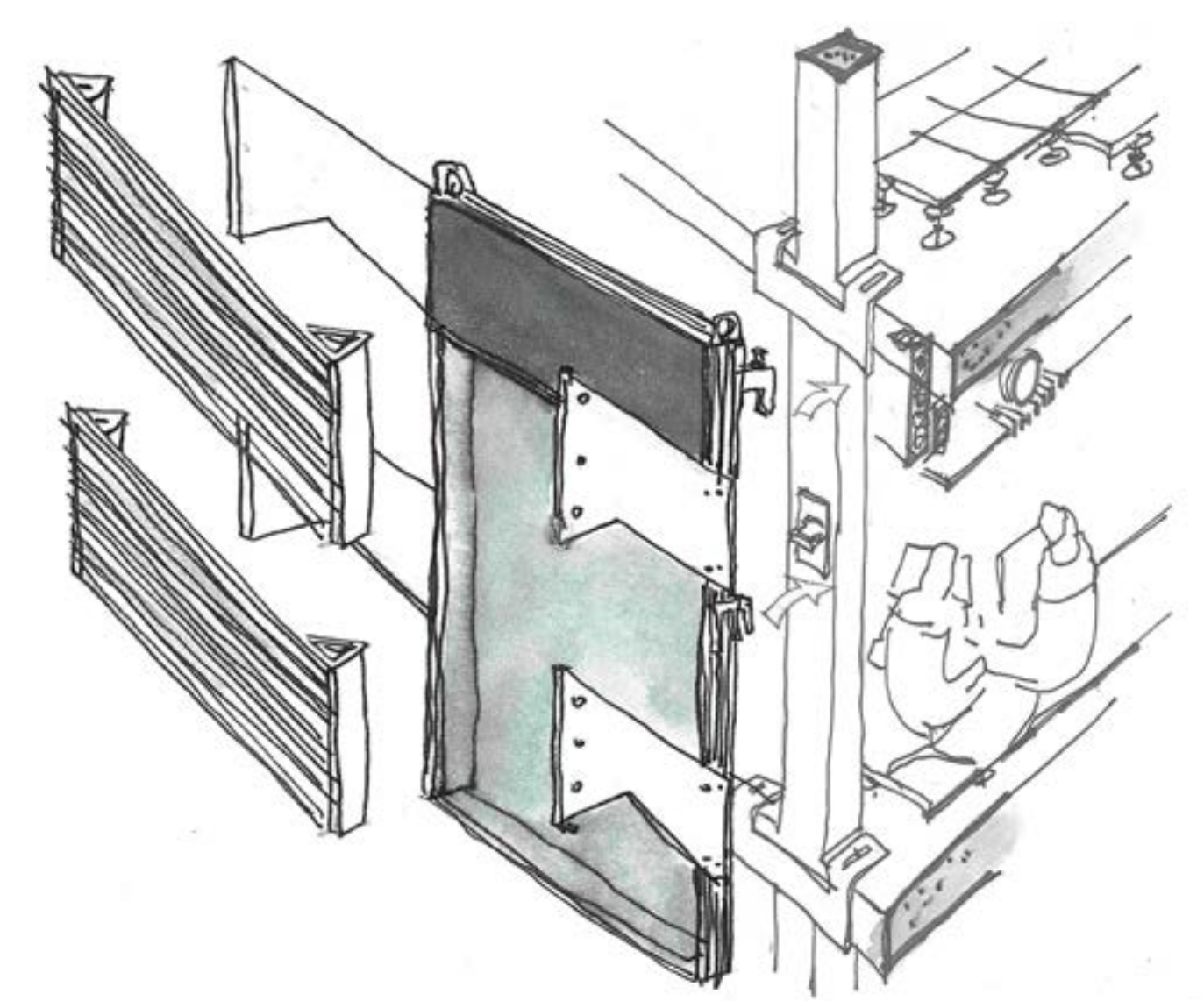
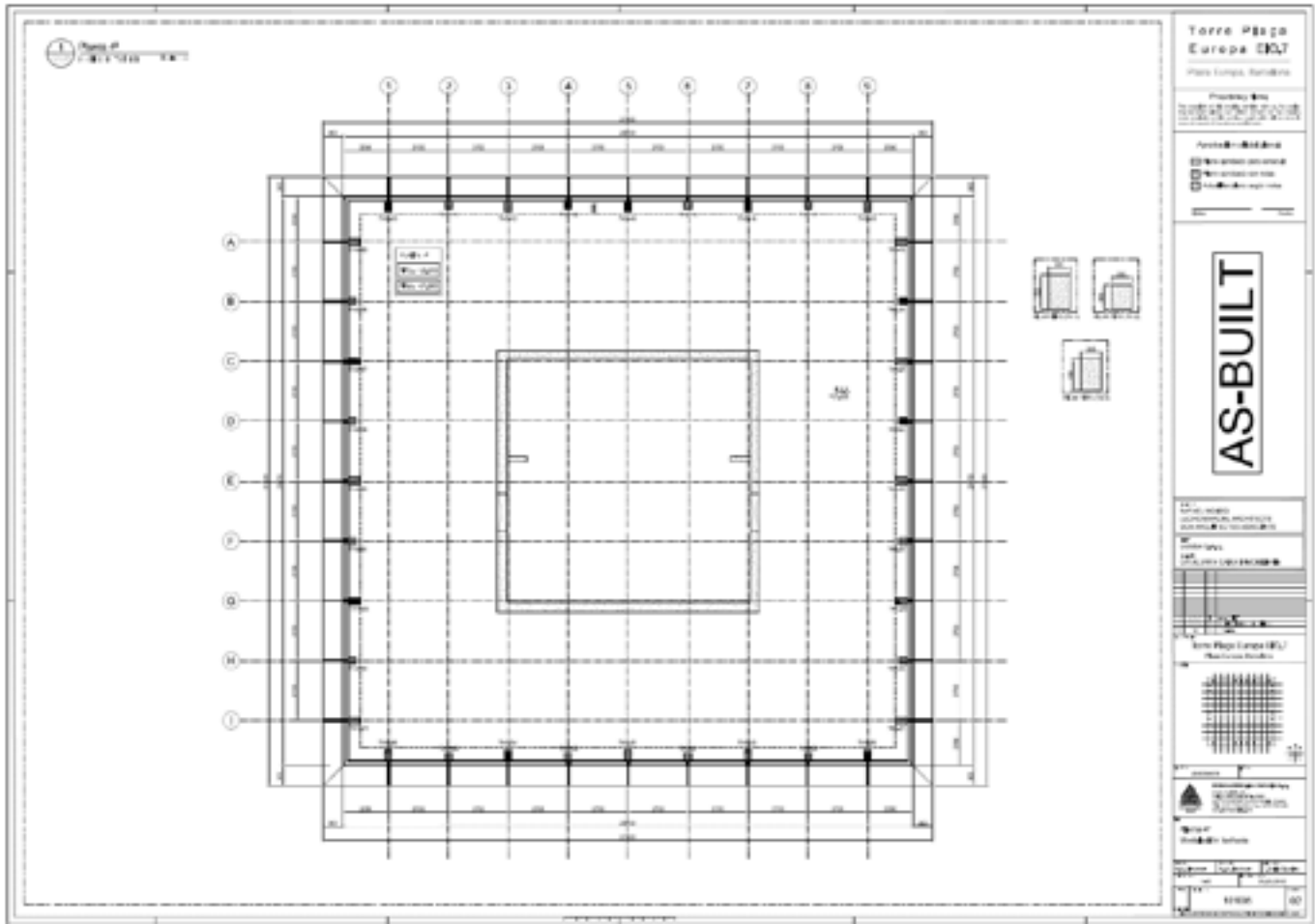
Superficie de fachadas:
9.500m2 + doble piel

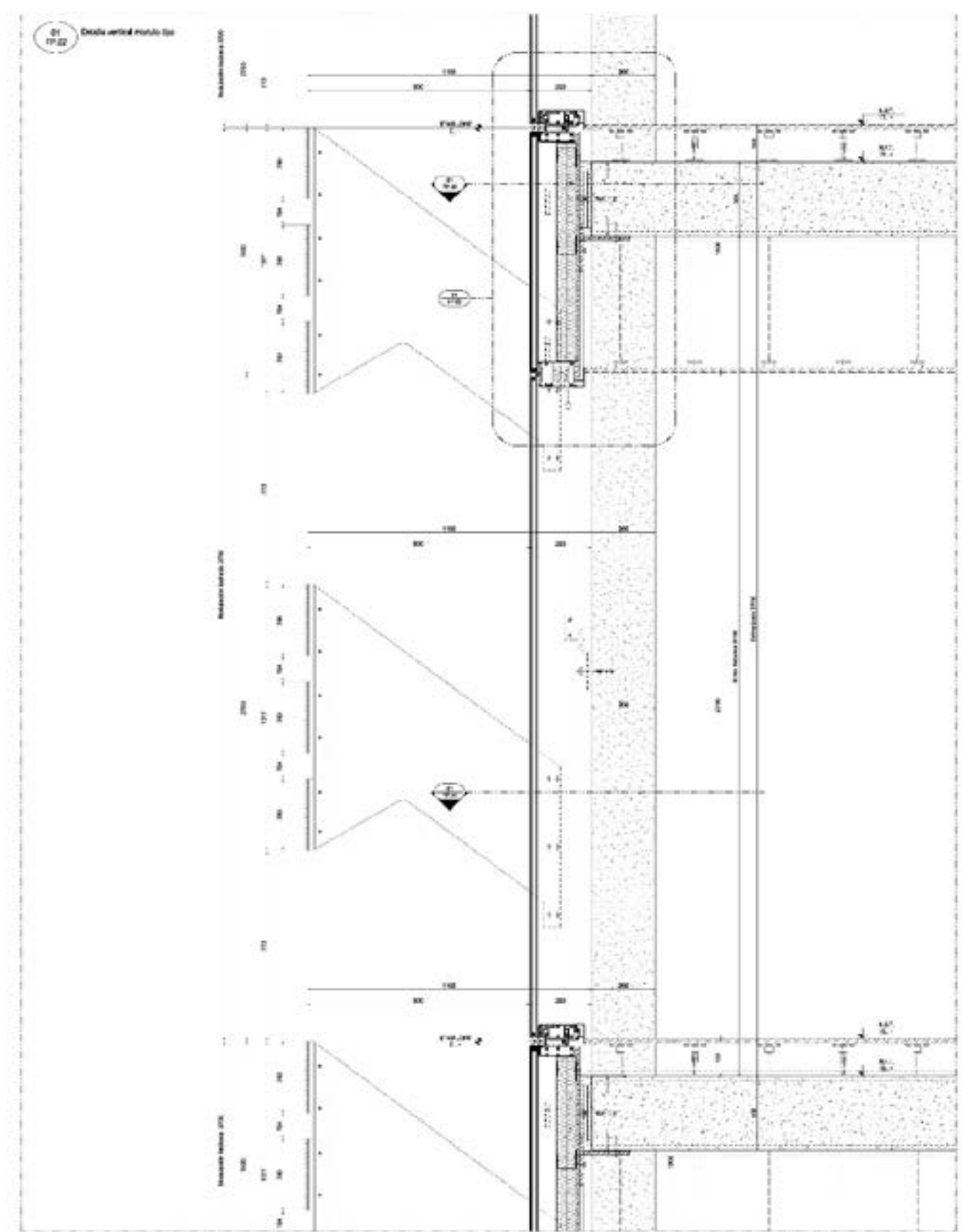
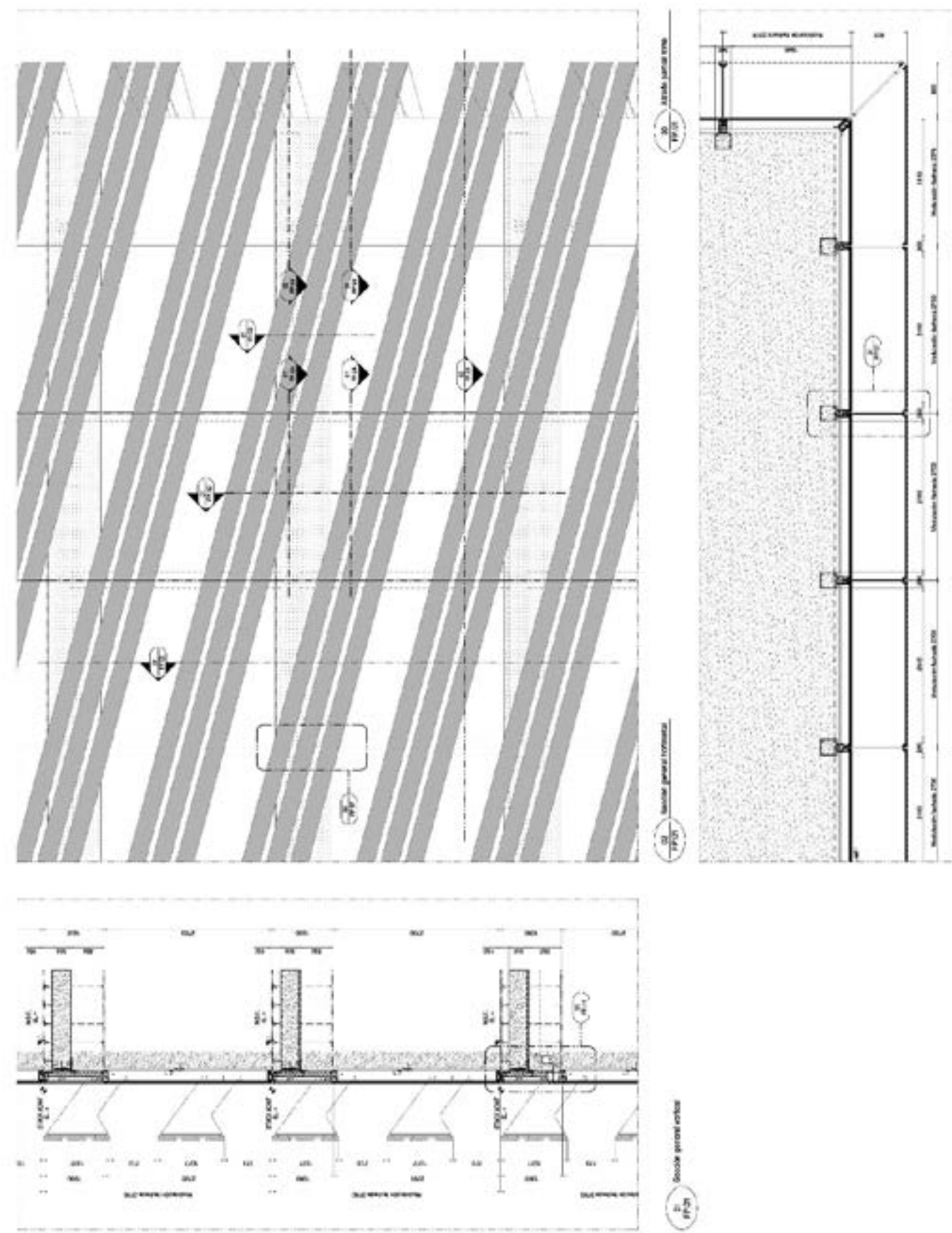
PEM de la partida de fachadas y cubierta:
8.200.000 €

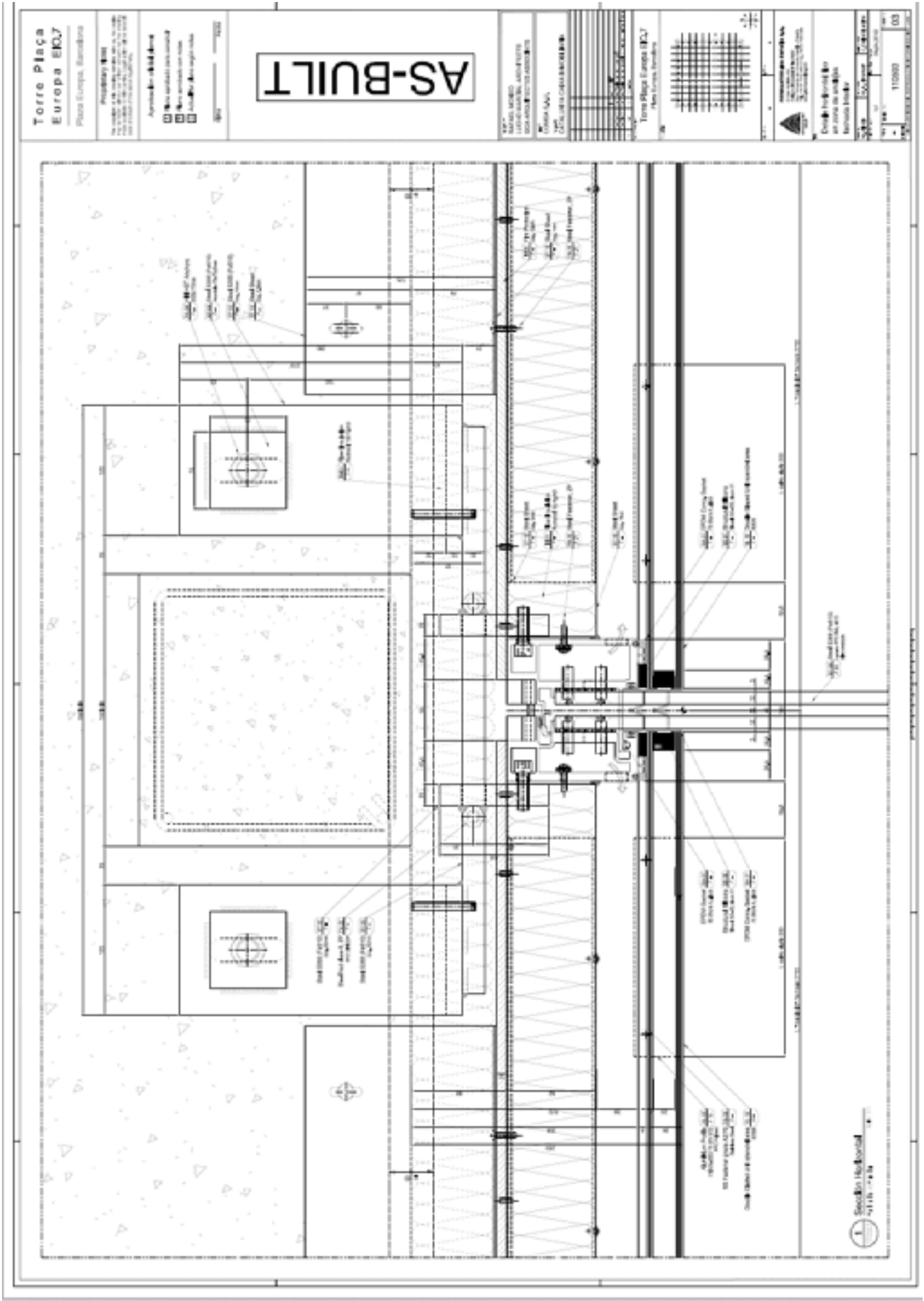
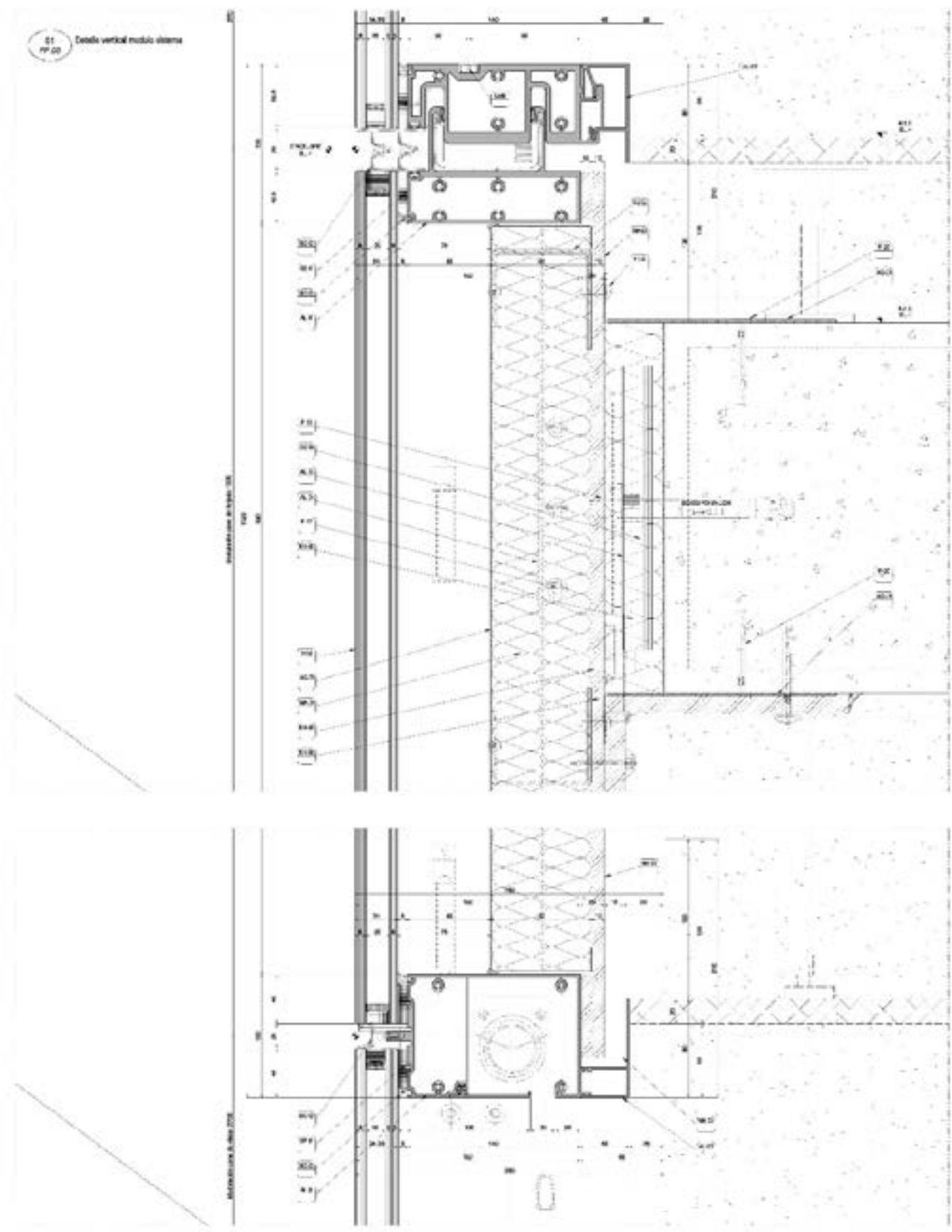
Constructor de fachada:
Permastelisa.

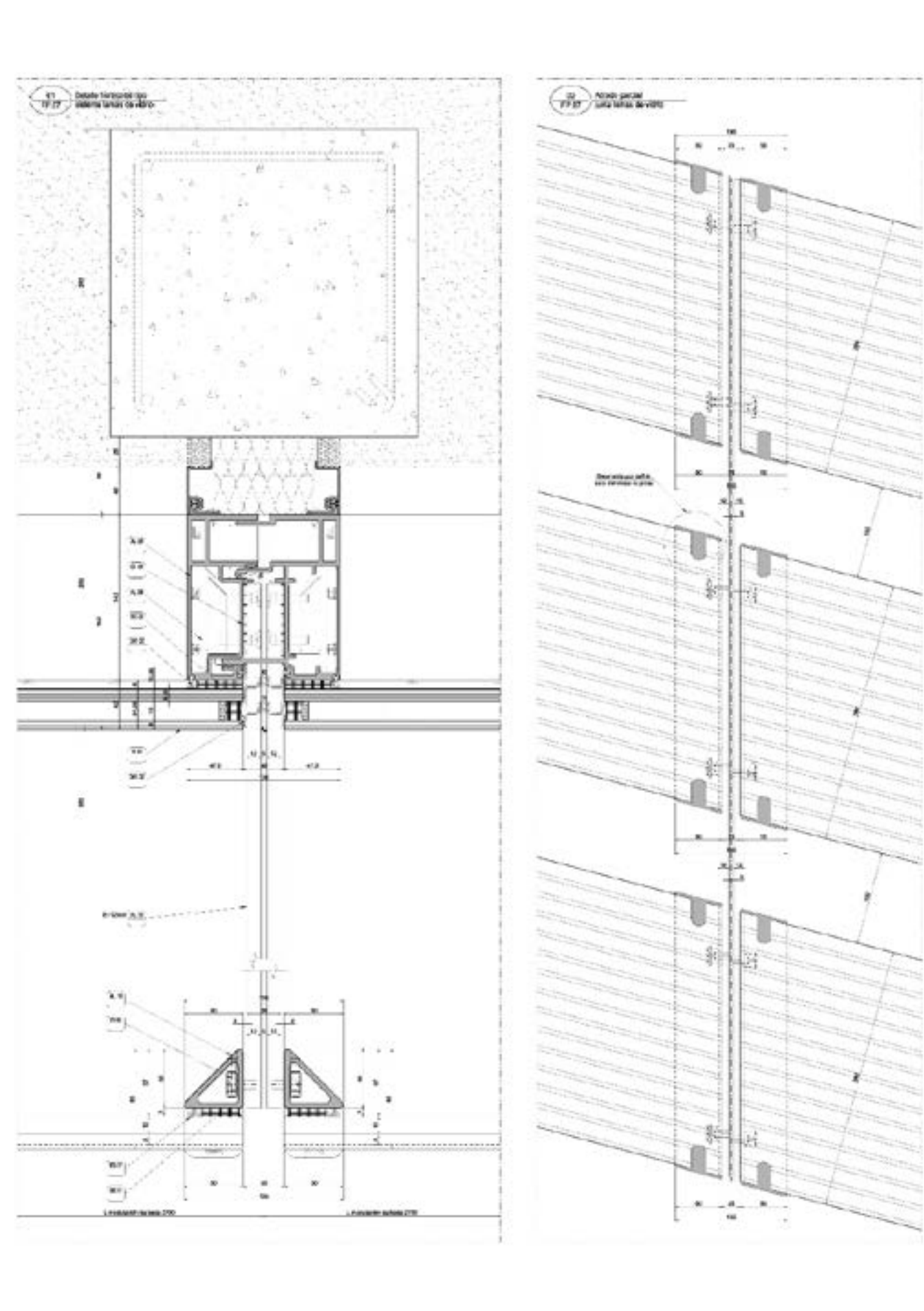
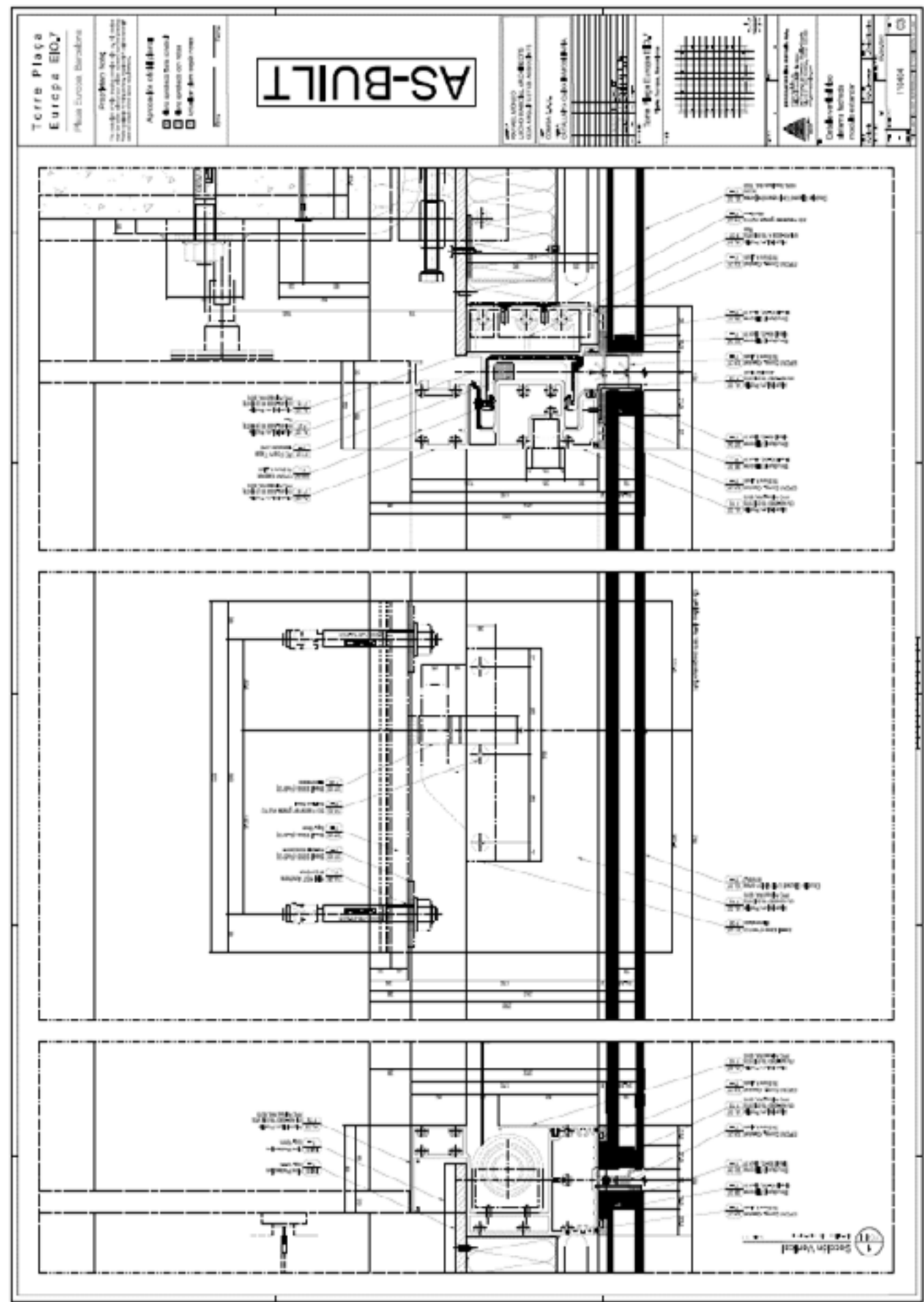


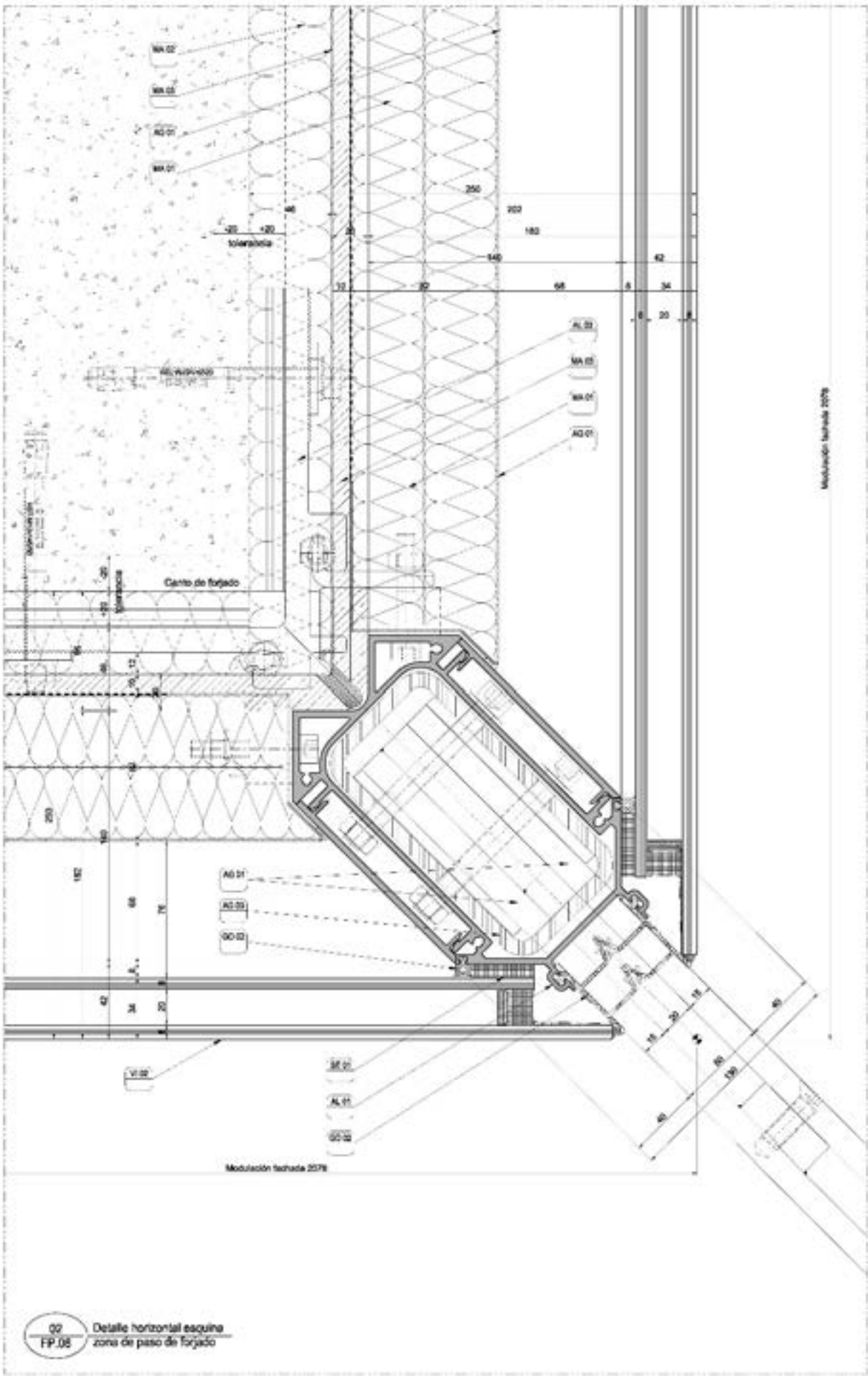


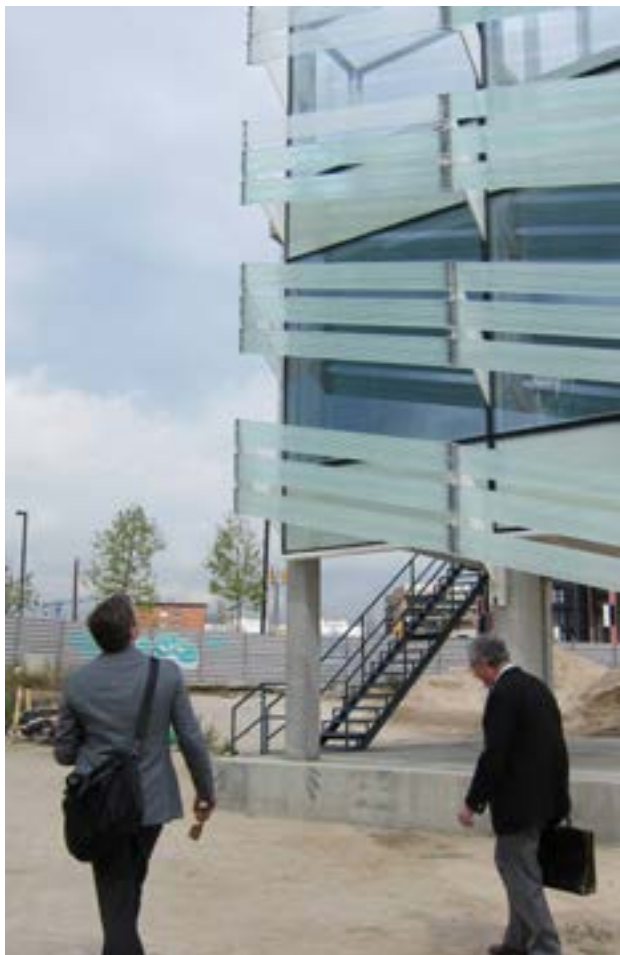


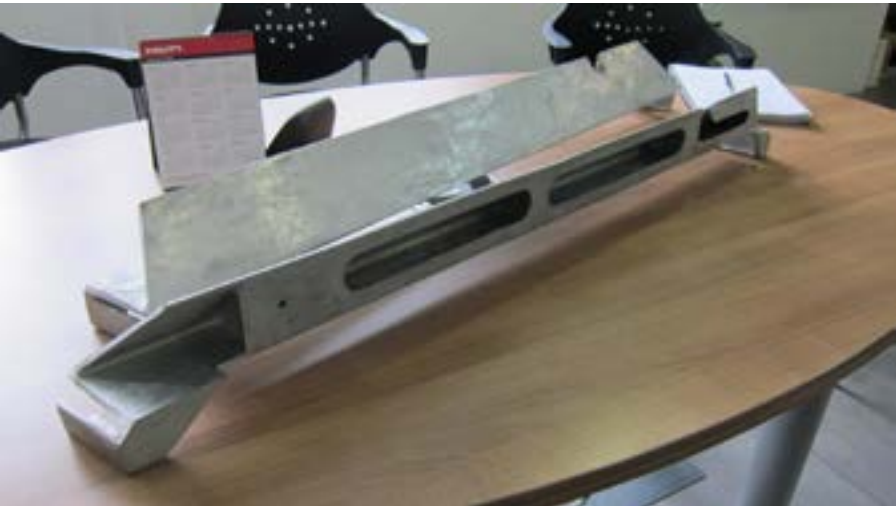
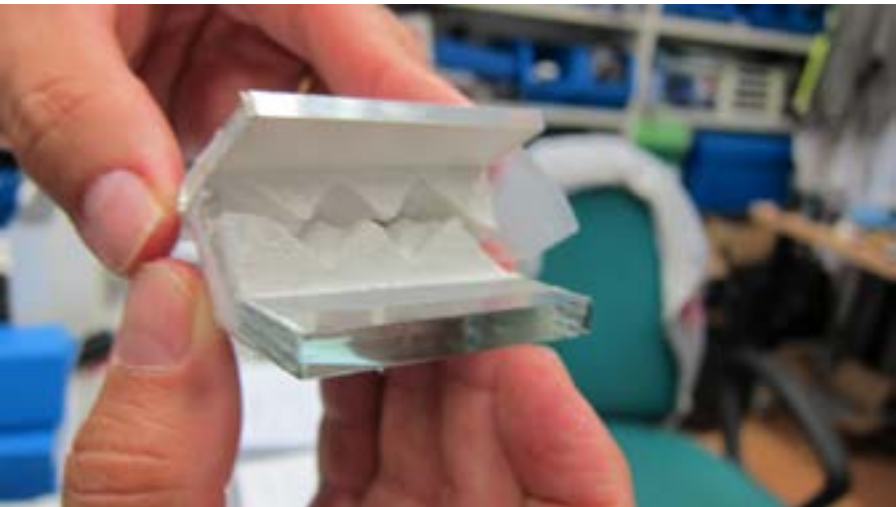
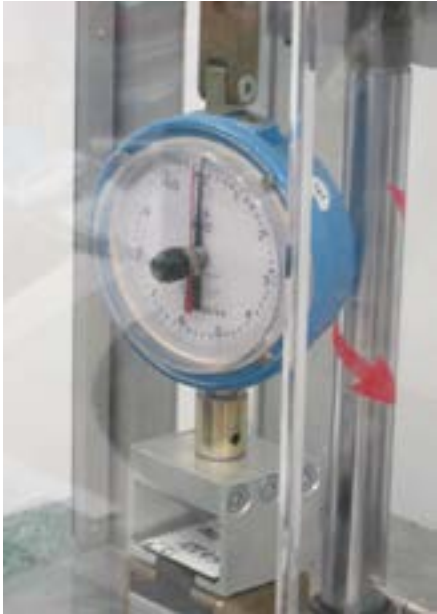
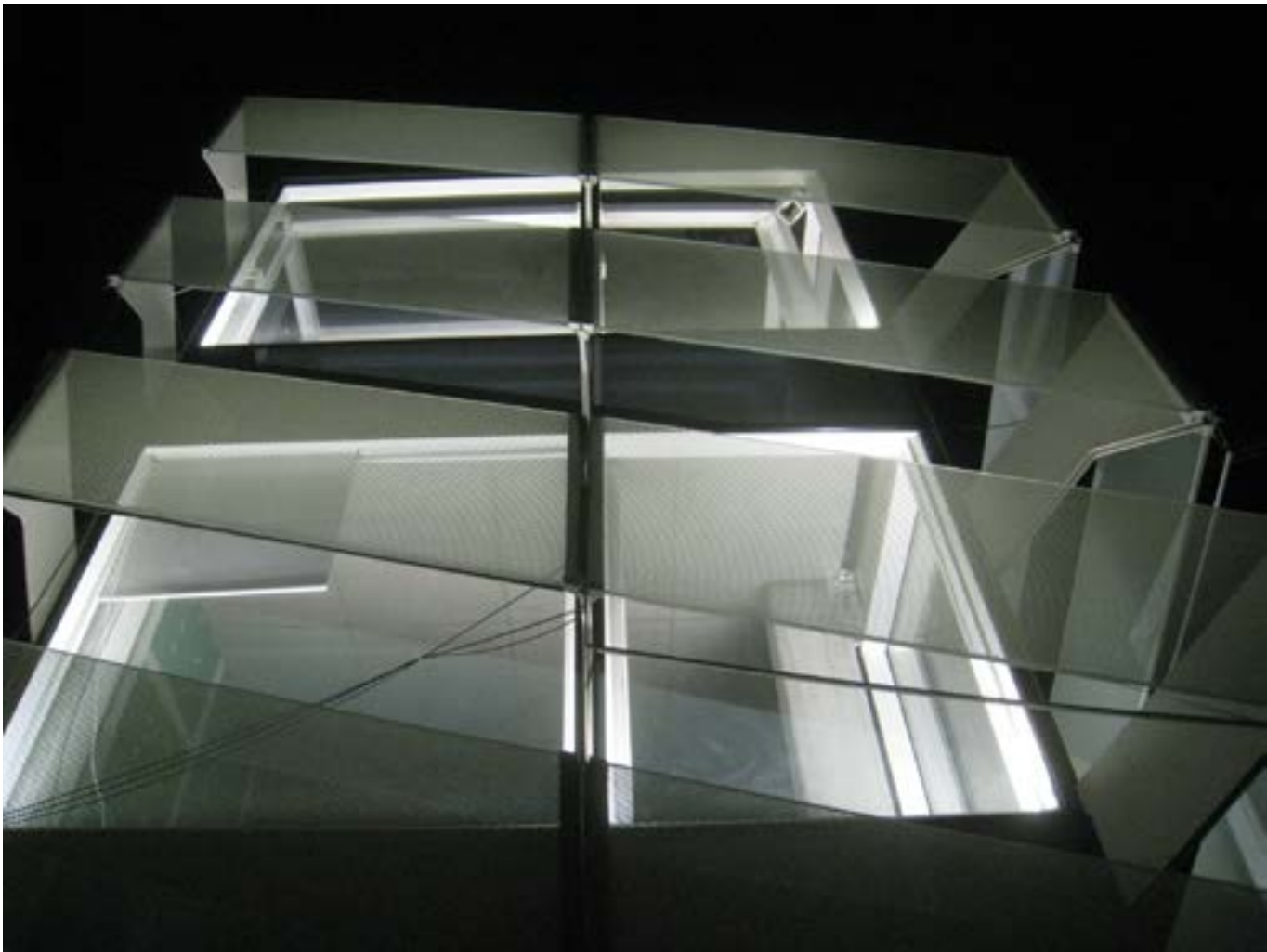


















Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares





246 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



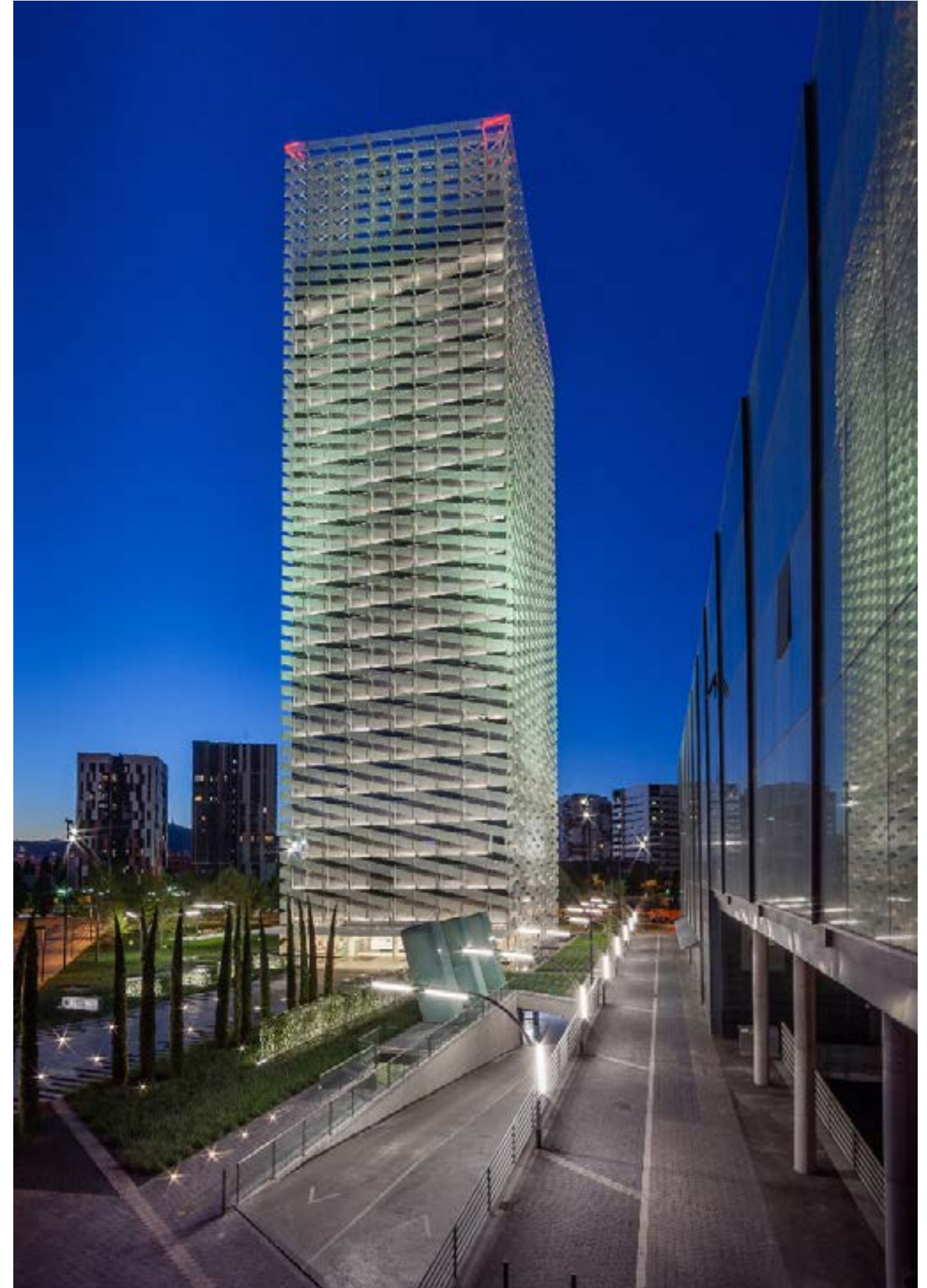
247 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



248 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



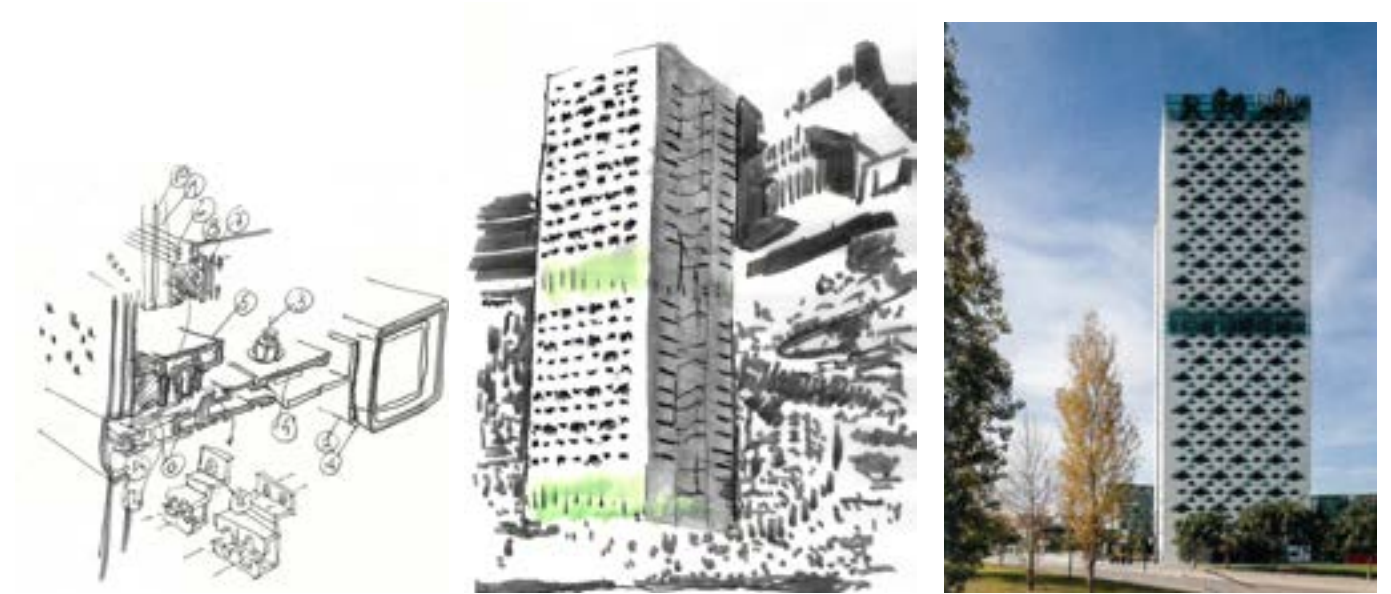
Obra acabada 249











Estudio de Caso nº 8

HOTEL CATALONIA
L'HOSPITALET.

HOTEL CATALONIA

Arquitectos:
Ateliers Jean Nouvel
Ribas & Ribas Architectes

Consultor de fachadas:
Ferrés Arquitectos y Consultores

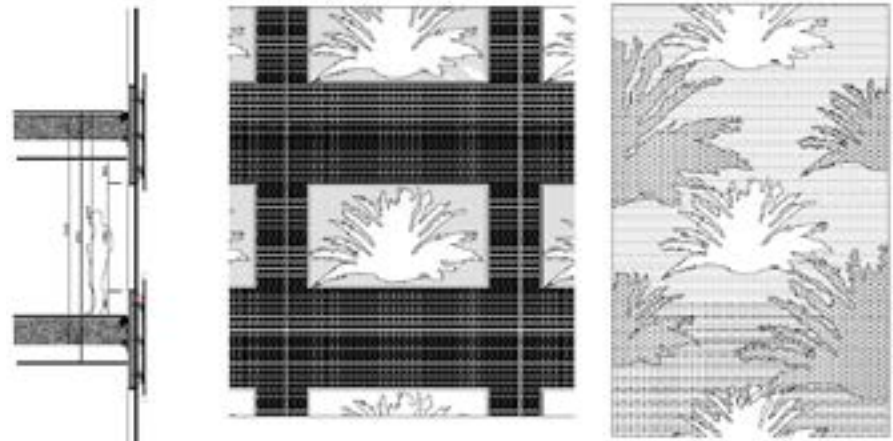
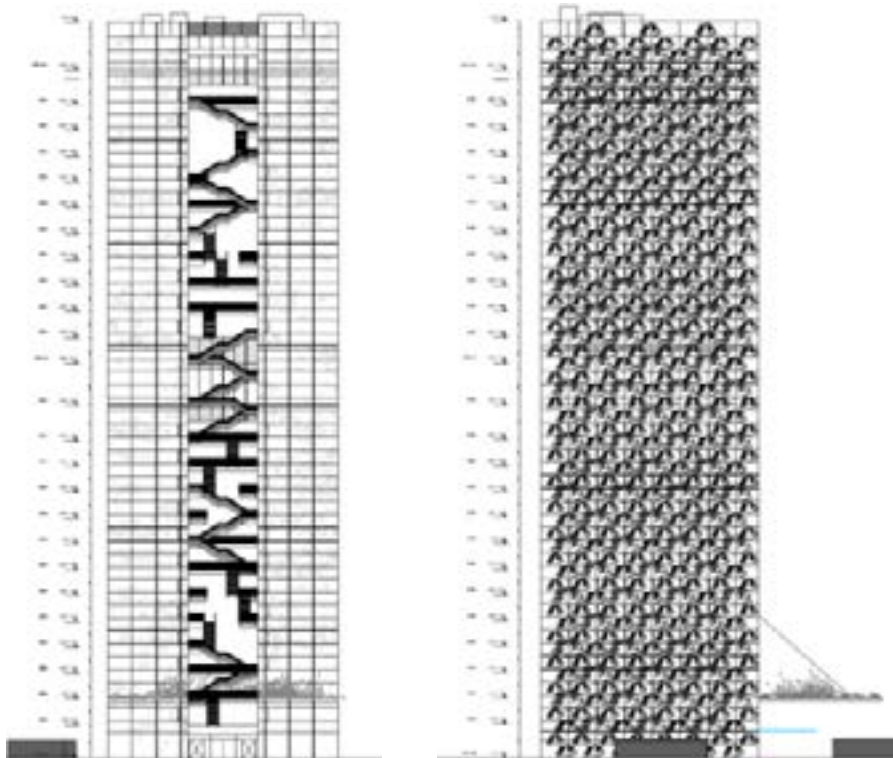
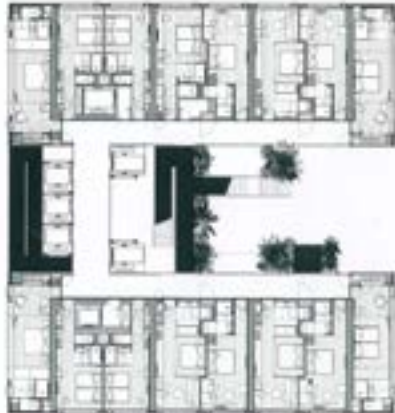
Año: 2005 - 2011

Superficie de la obra:
26.000 m2

Superficie de la fachada:
13.200m2

PEM de la partida de fachadas:
9.053.866 €

Constructor de la fachada:
Proiek



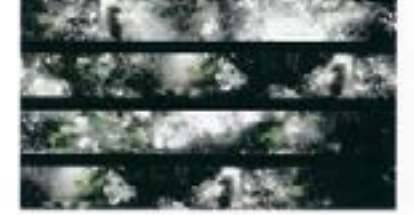
Detalle fachada Norte / North facade detail



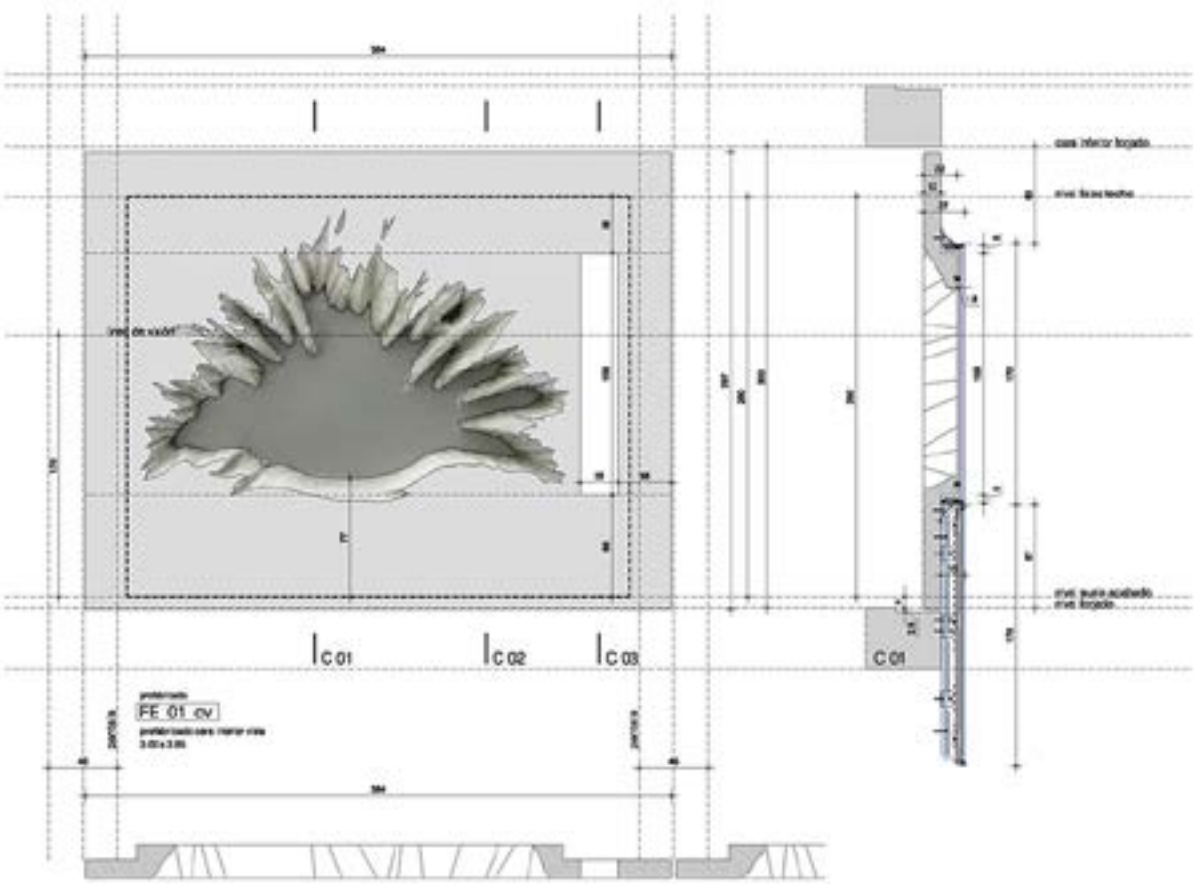
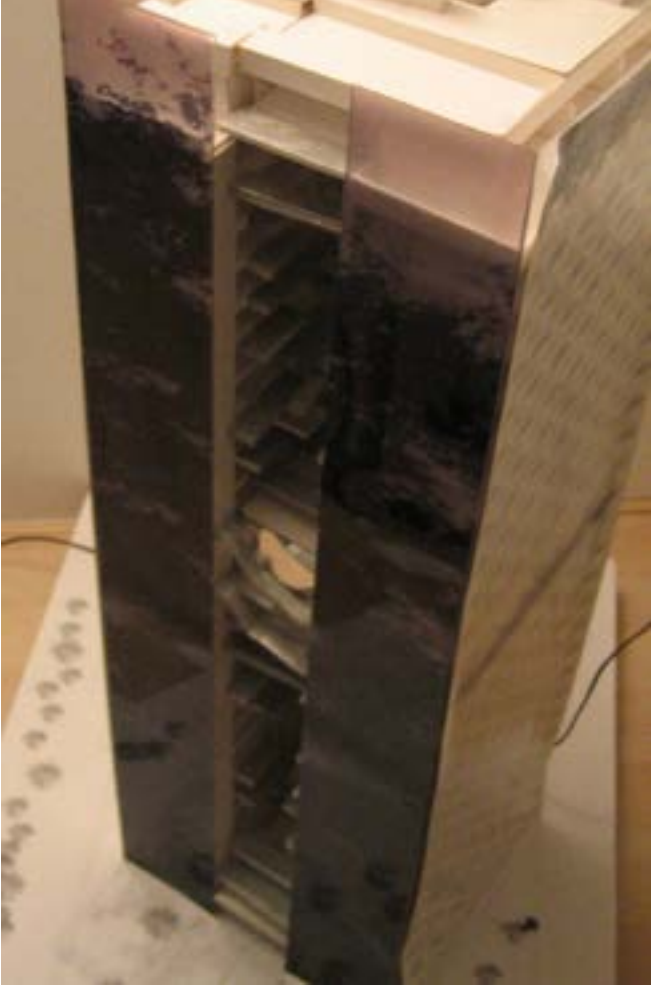
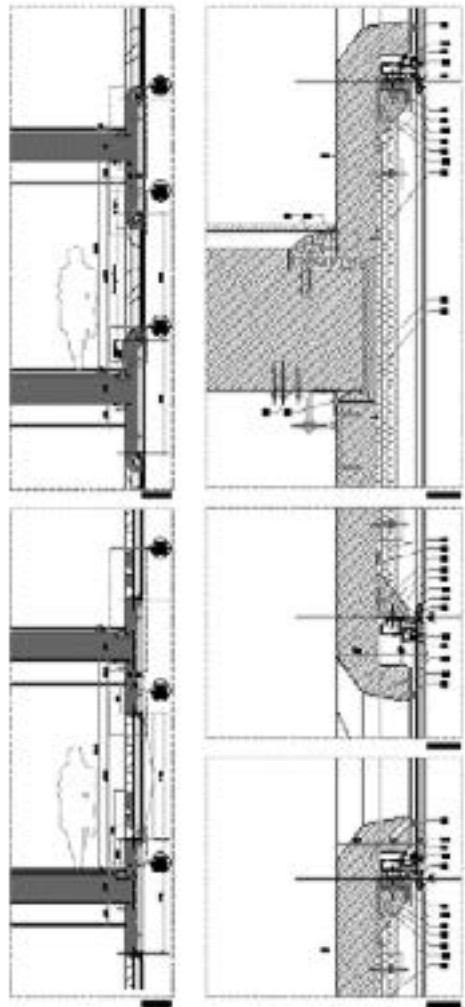
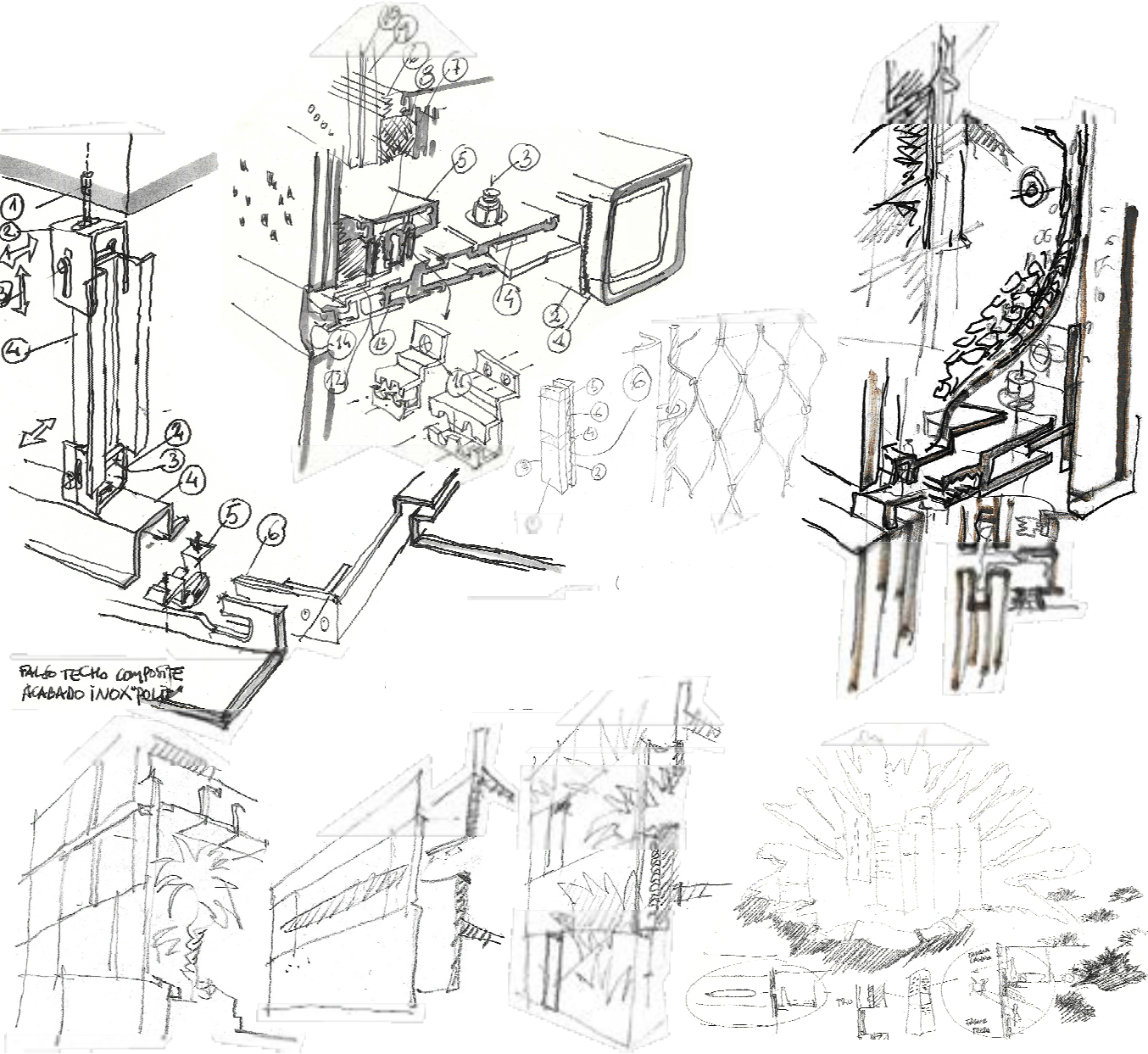
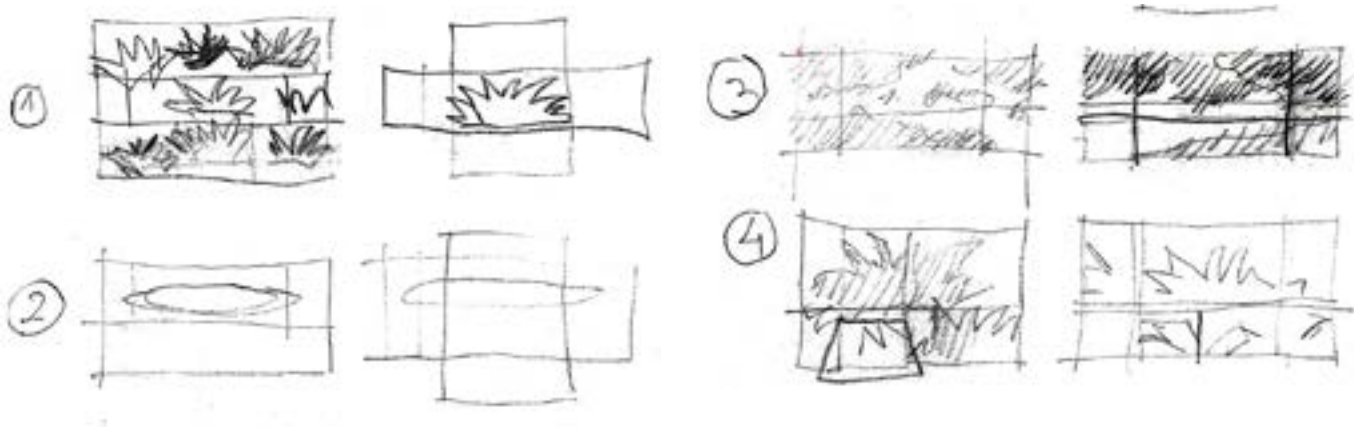
Detalle fachadas Este y Oeste / East and West facades detail

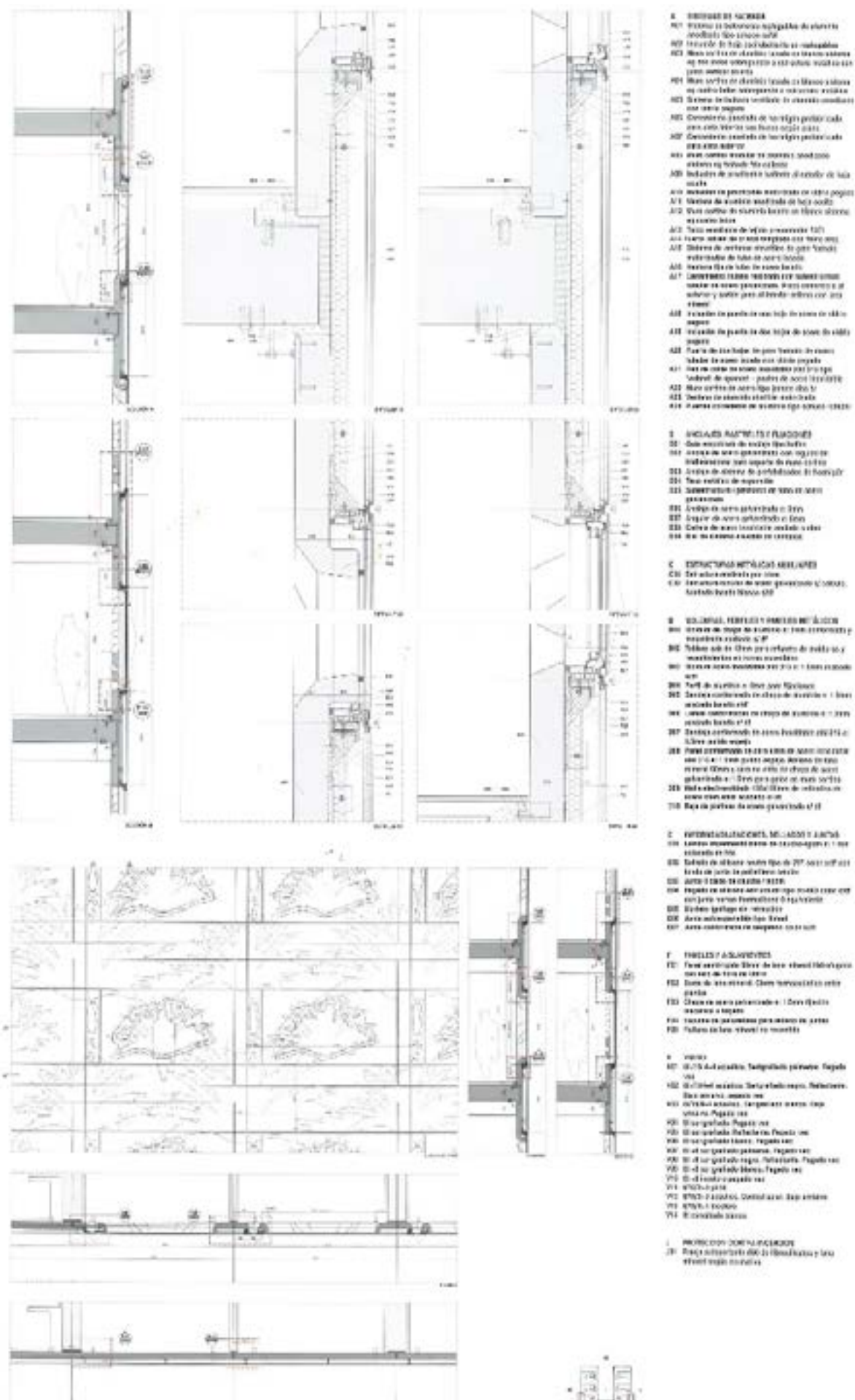


Detalle fachada Sur / South facade detail

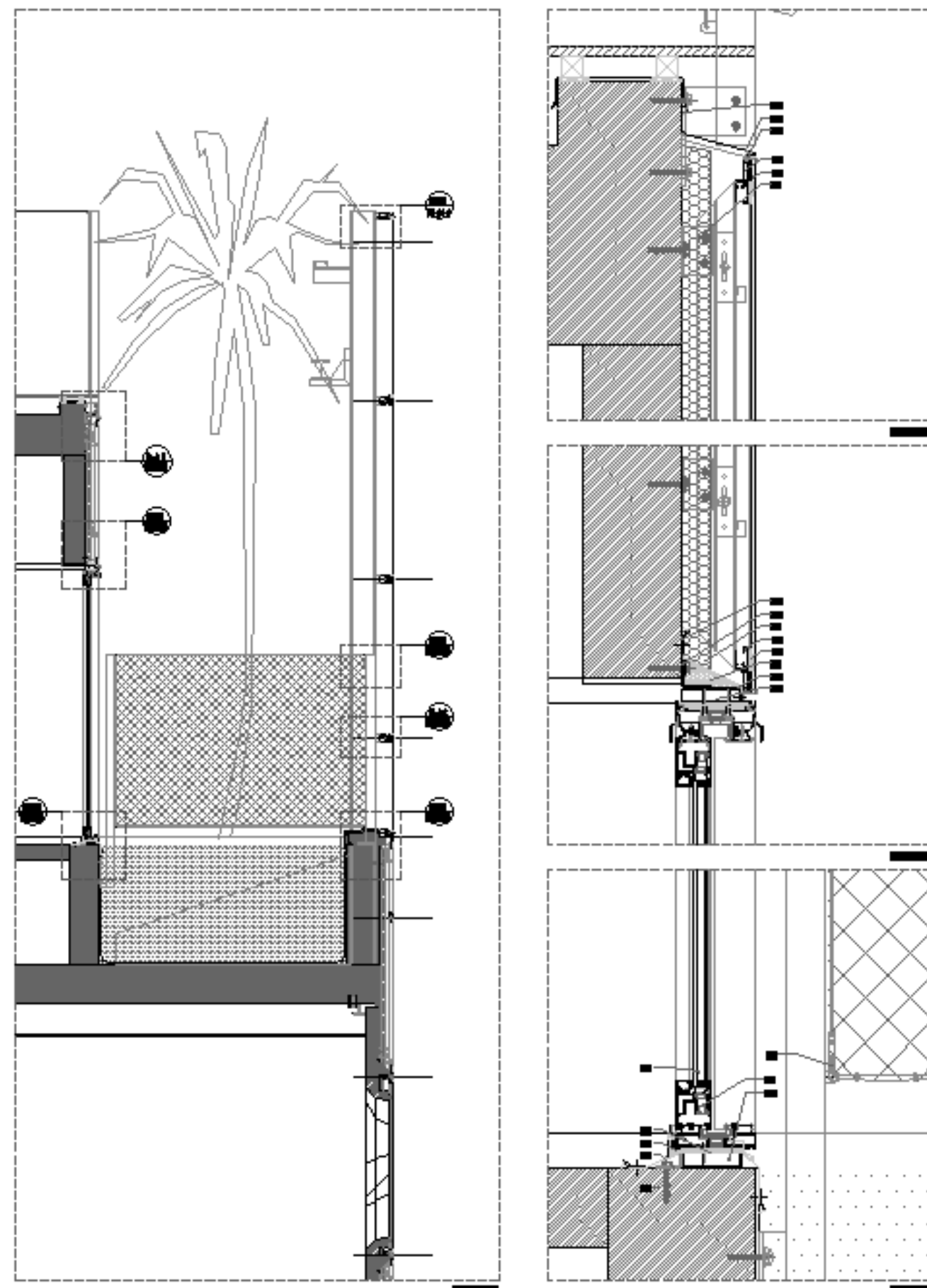


Detalle fachadas interiores a patio / Inner courtyard facade detail

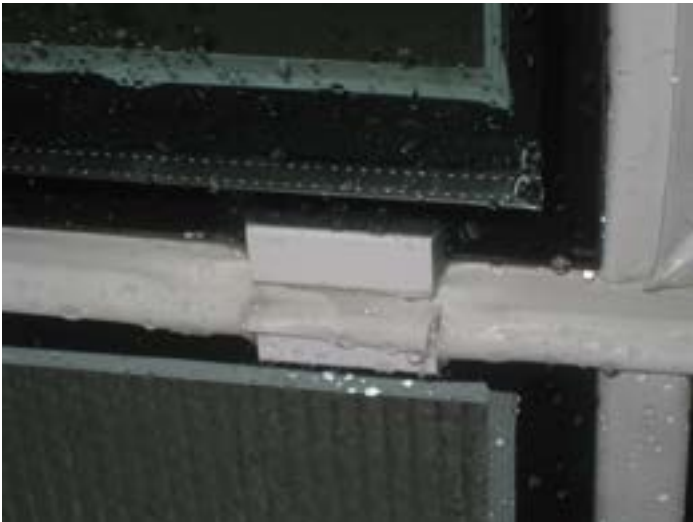


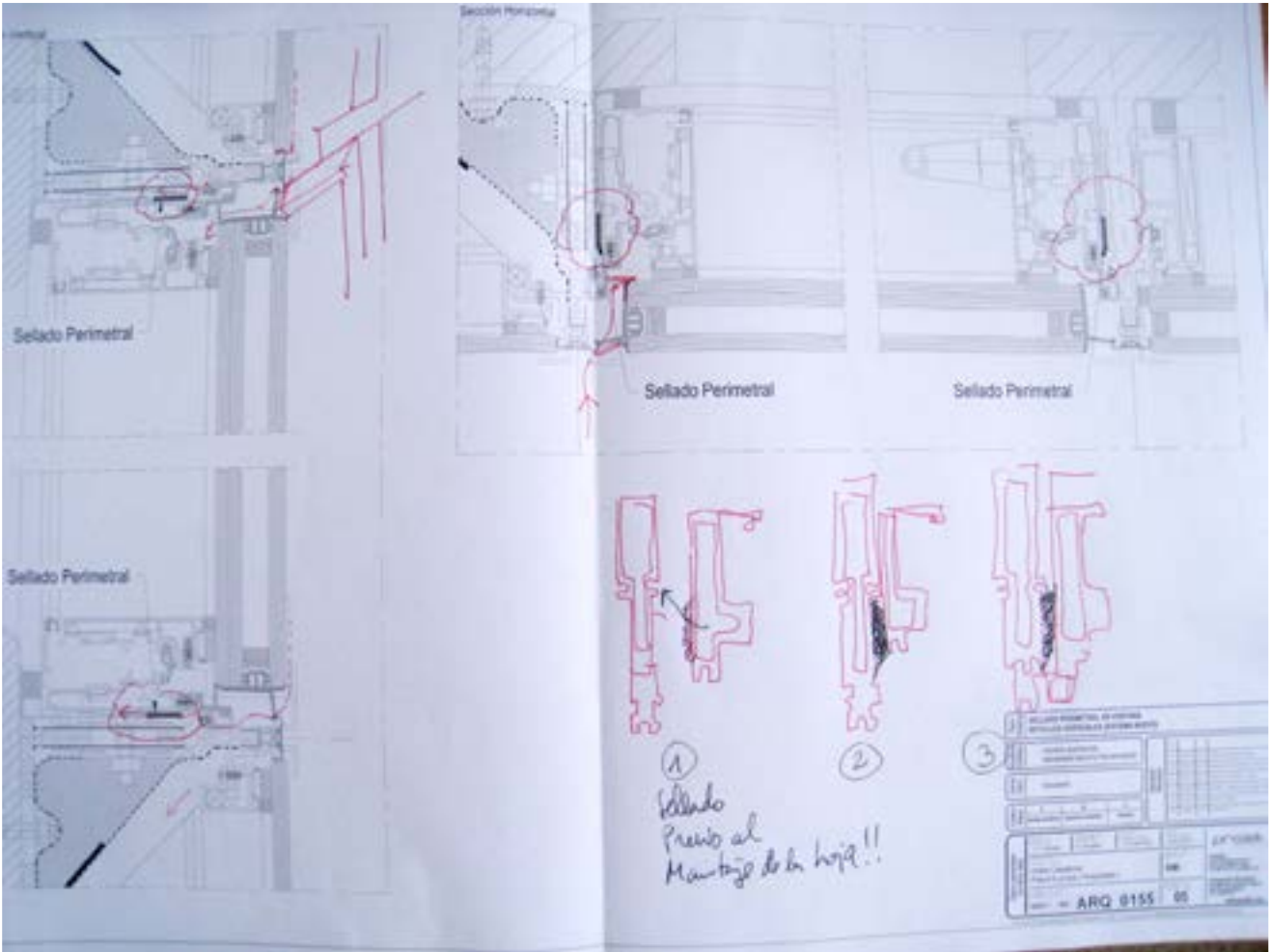


Planos detalles constructivos

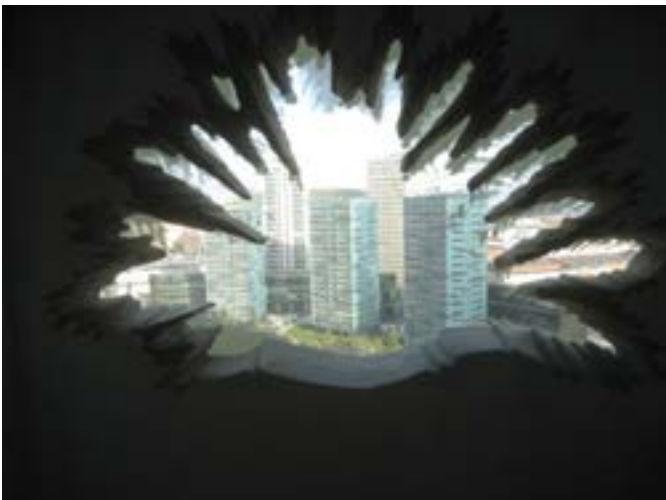


Planos detalles constructivos









272 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares 273



274 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

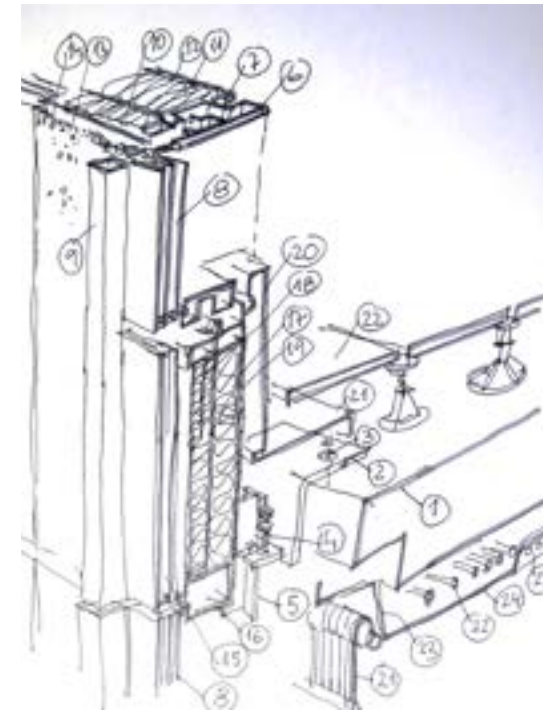


Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares









Estudio de Caso nº 9

EDIFICIO DE OFICINAS TOUR ASTRO
BRUSELAS. BÉLGICA

REHABILITACIÓN INTEGRAL DE LA TORRE ASTRO

AV. ASTRONOMIE, BRUSELAS.
BÉLGICA.

Arquitectos:
Estudio Lamela / Altiplan Architects

Consultor de fachadas:
Ferrés Arquitectos y Consultores

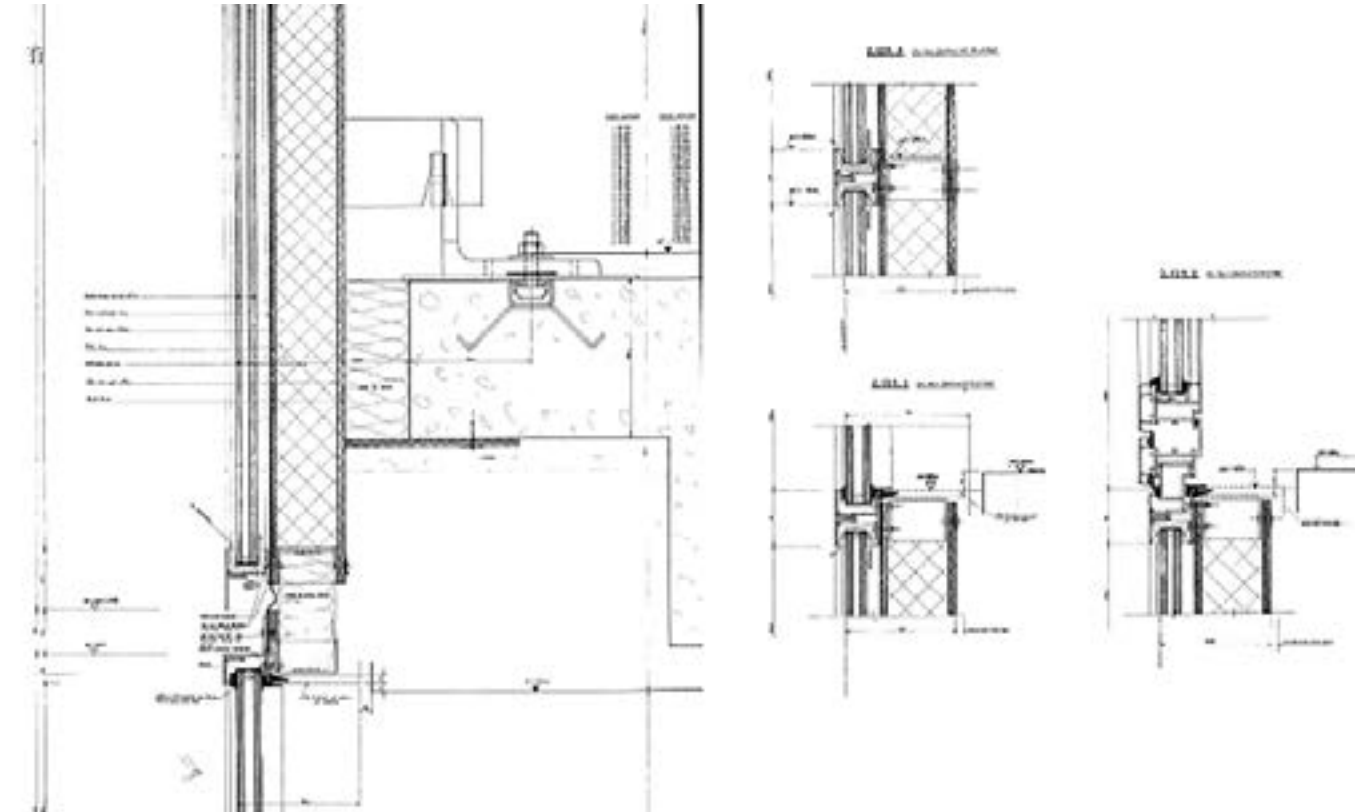
Año: 2011-2016

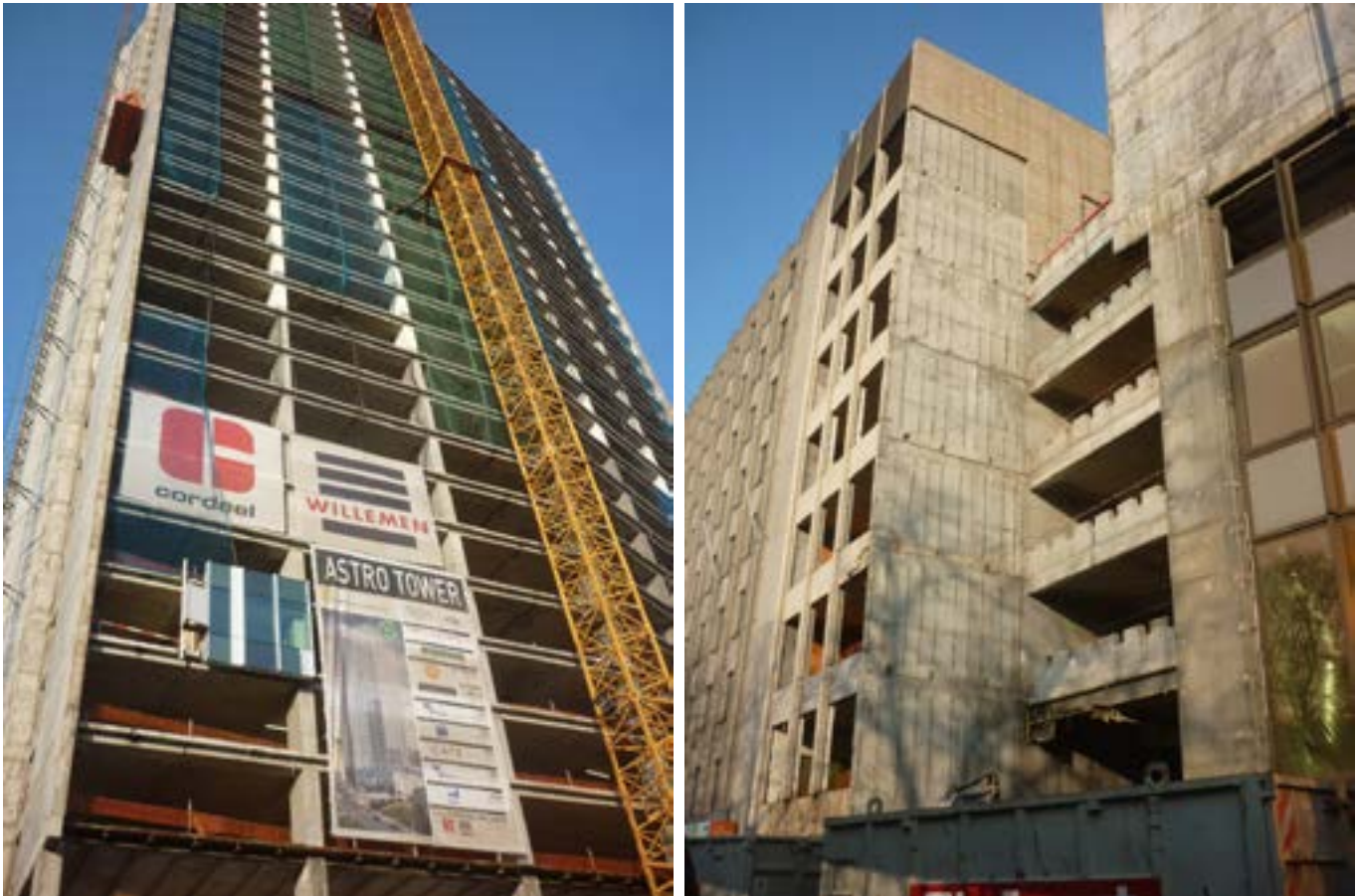
Superficie de la obra:
39.400 m2

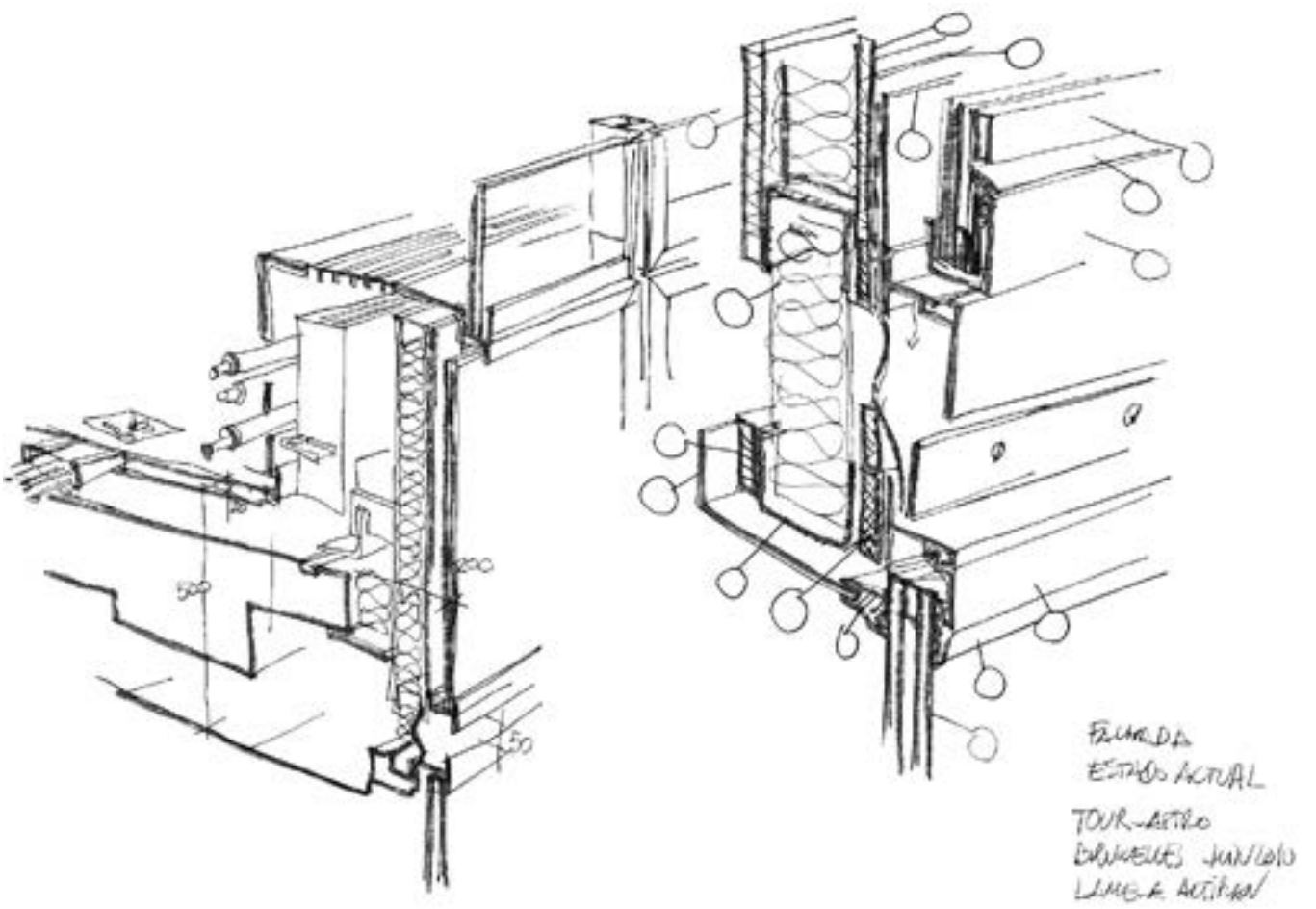
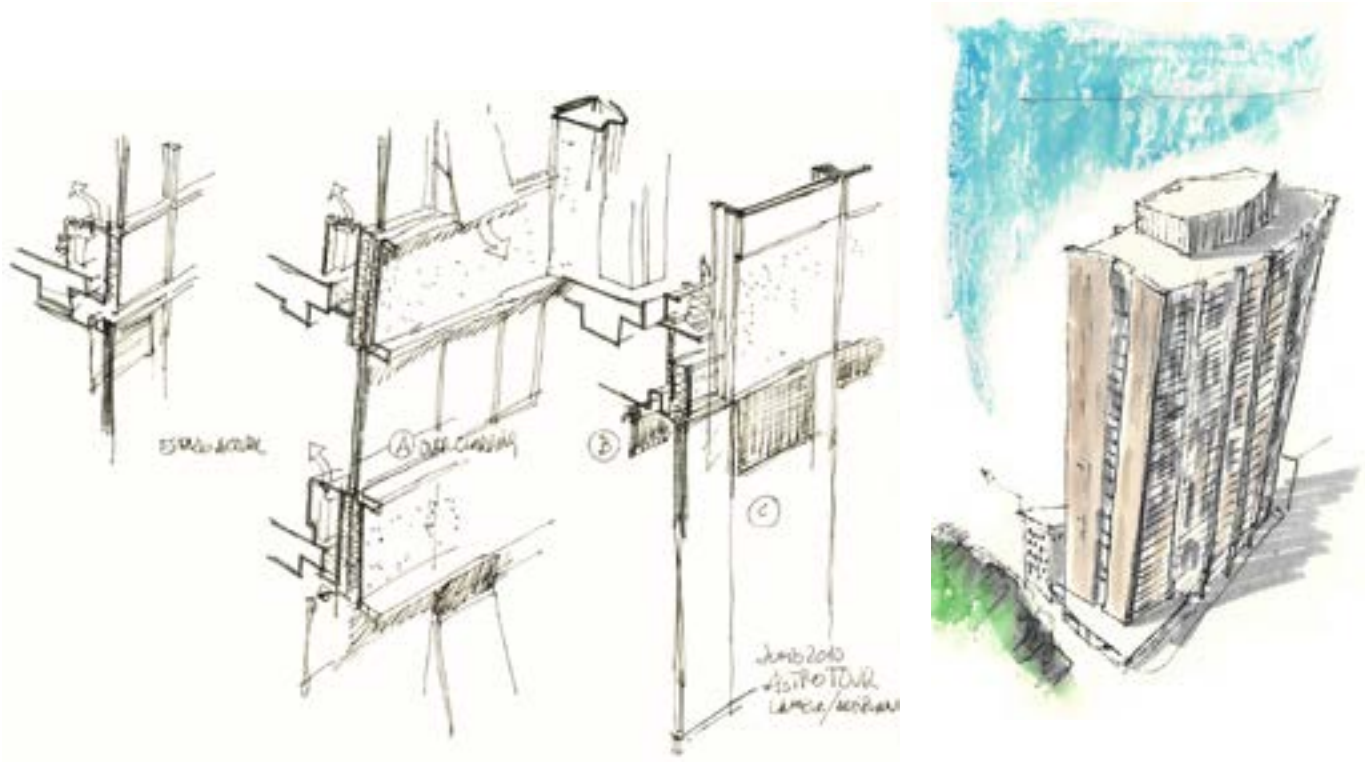
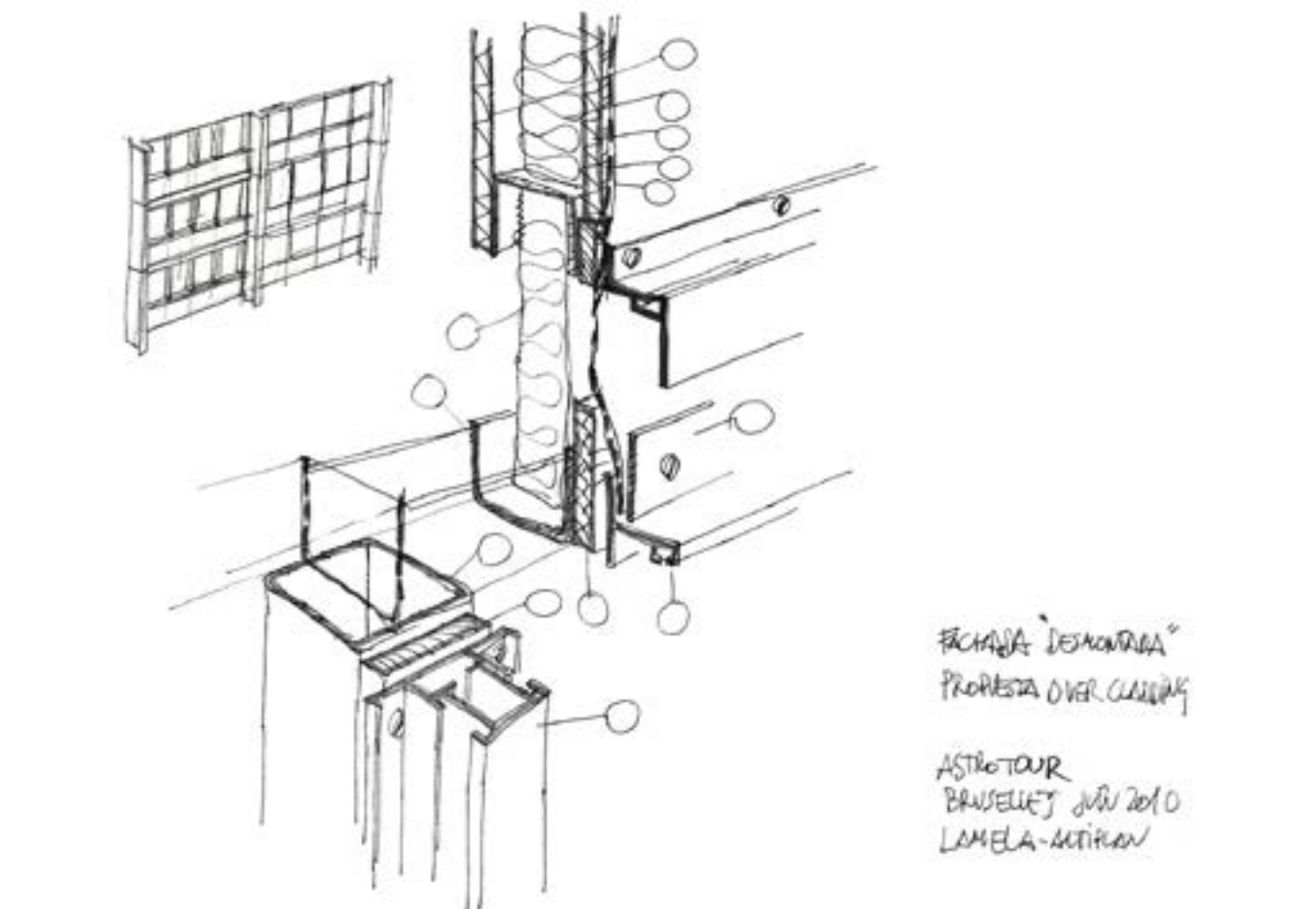
Superficie de la Fachada:
14.000 m2

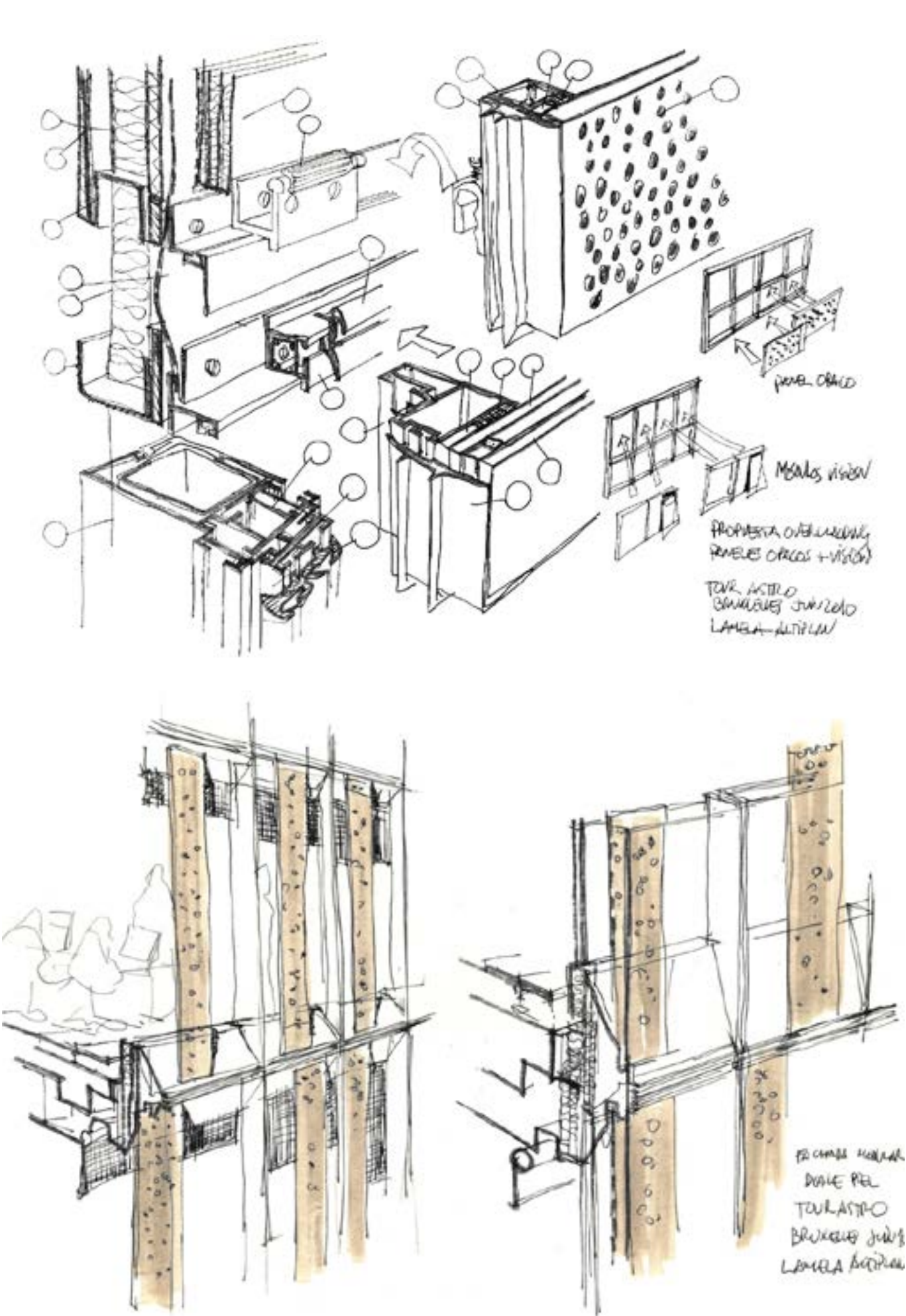
PEM de la partida de fachadas:
14.300.000 m2

Constructor de la fachada:
Belgometal









11a

Tour Astro

Bruselas

1976-Albert de Doncker Arq.

2012-2016- Estudio Lamela- Altiplan

Estudios de Viabilidad y anteproyecto

<u>mantener imagen original</u>					
<u>cambio de imagen</u>					
<u>mantener concepto original</u>					
<u>actualización de prestaciones</u>					
<u>mantener sistema constructivo</u>					
<u>cambio radical de sistema constructivo</u>					
	reparación	restauración	sustitución parcial	overcladding	

11b

11c

Tour Astro

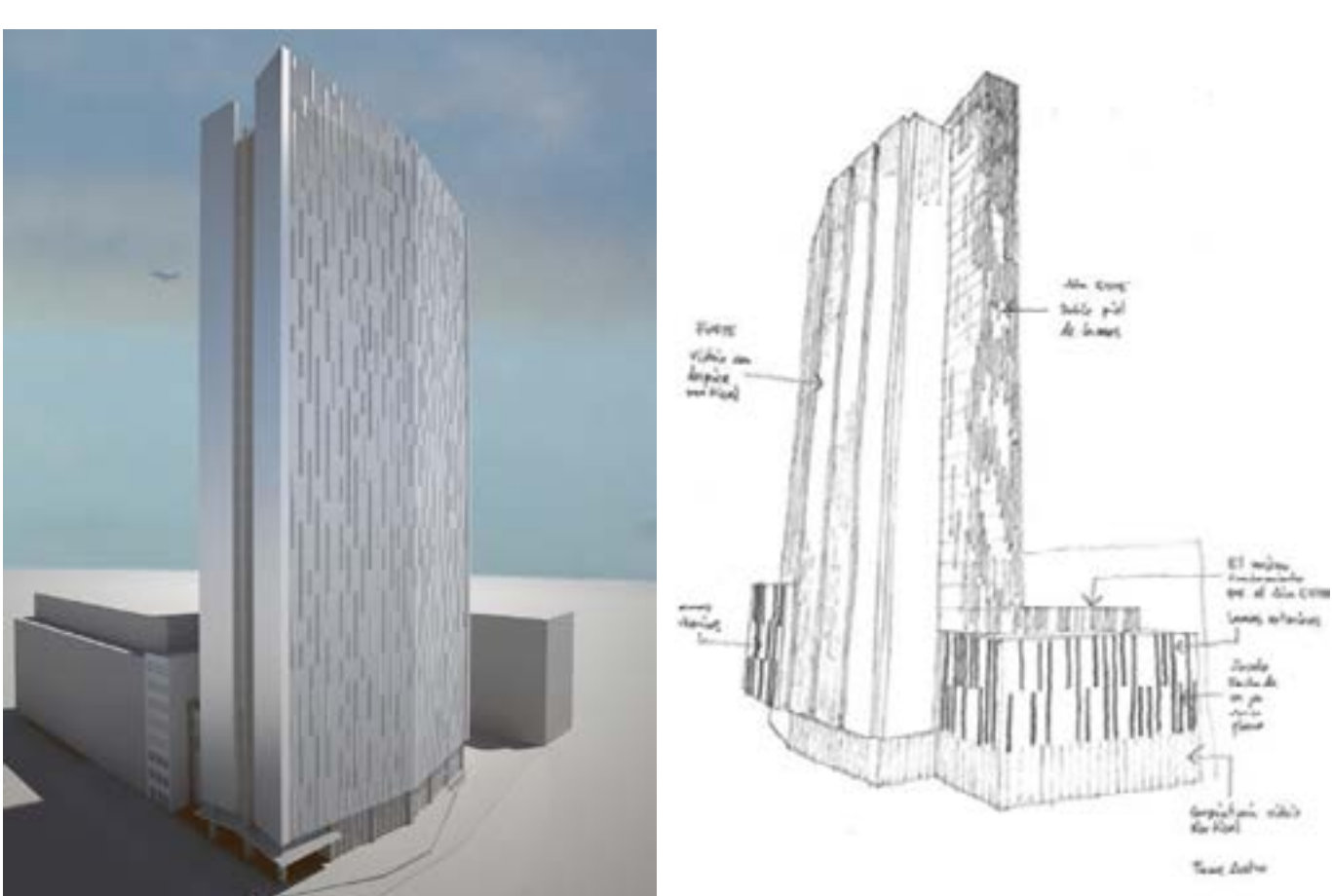
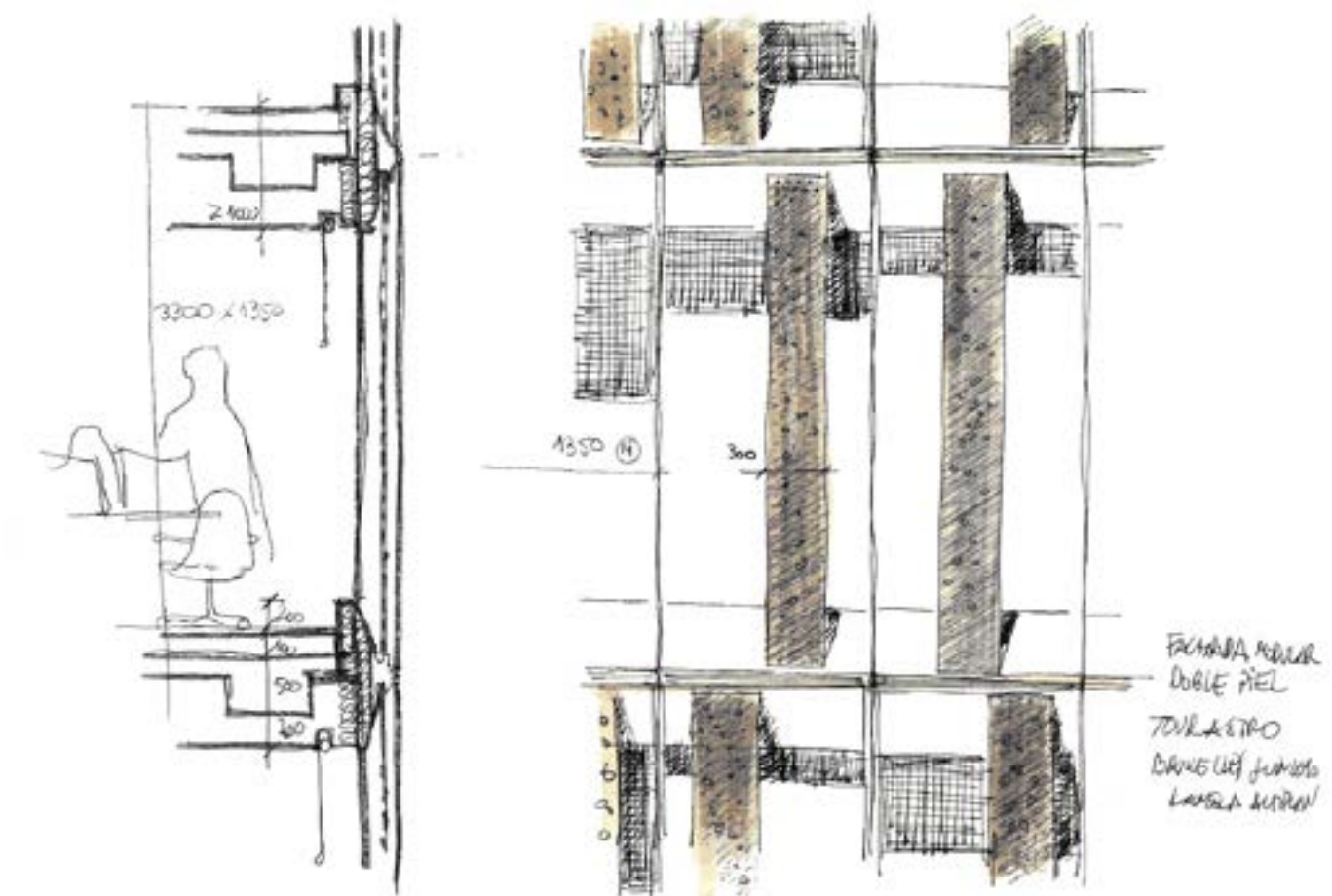
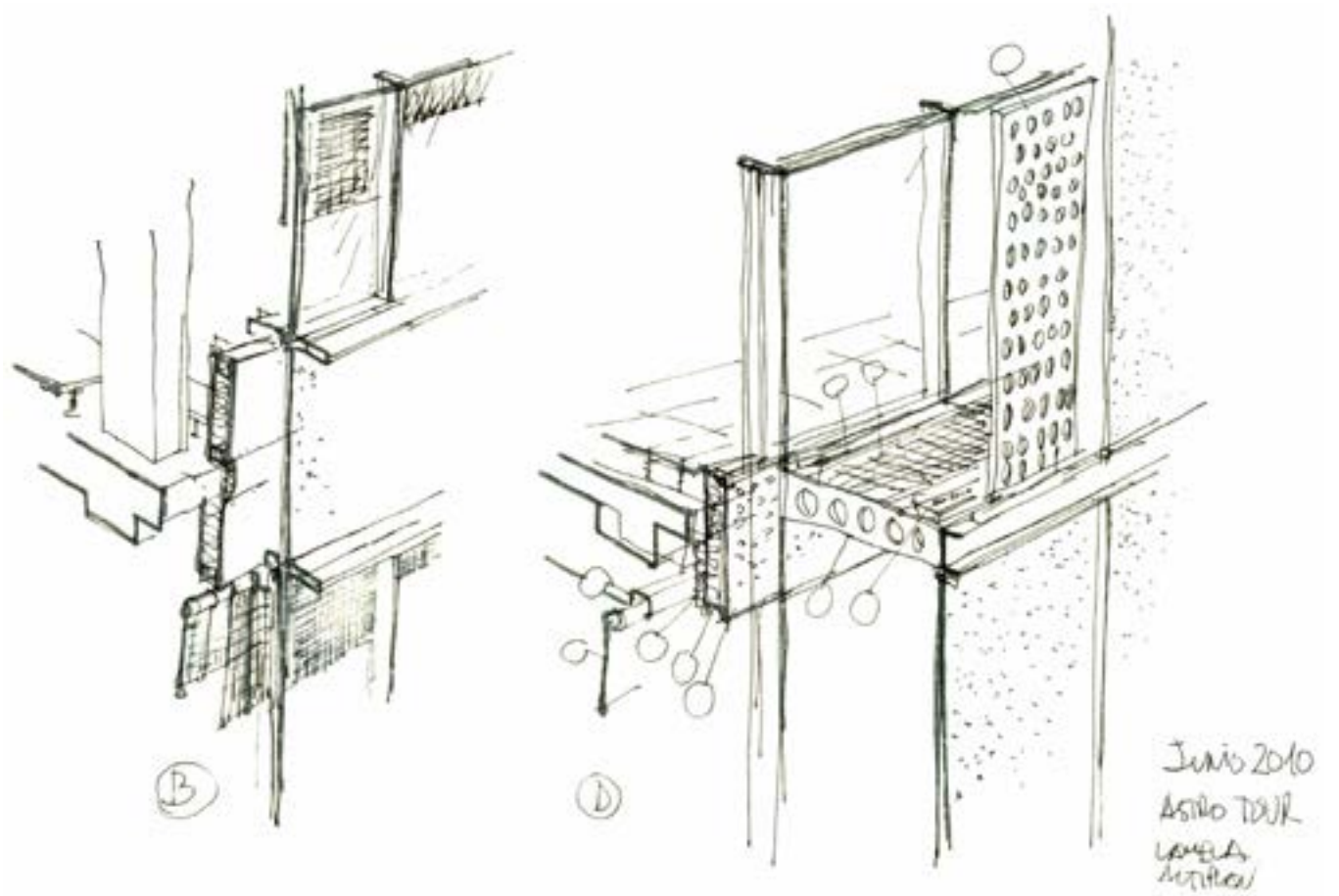
Bruselas

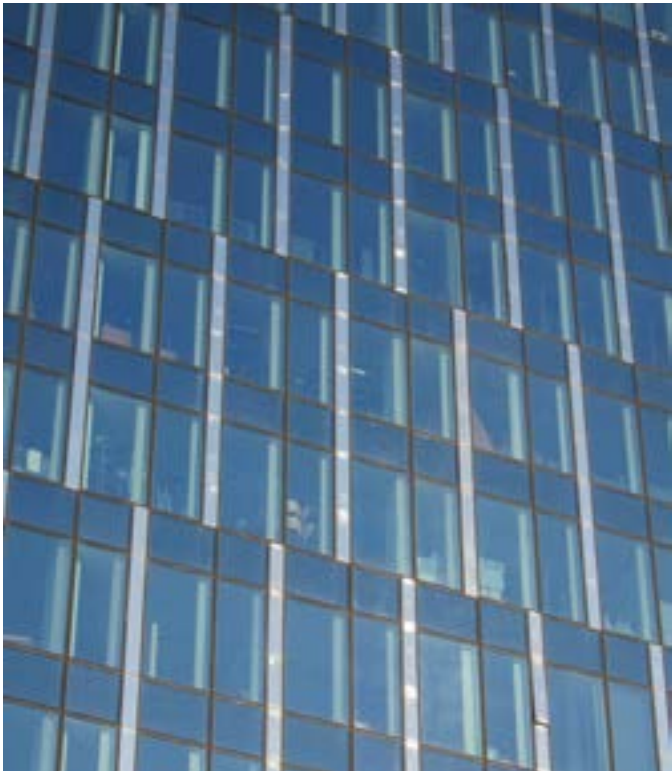
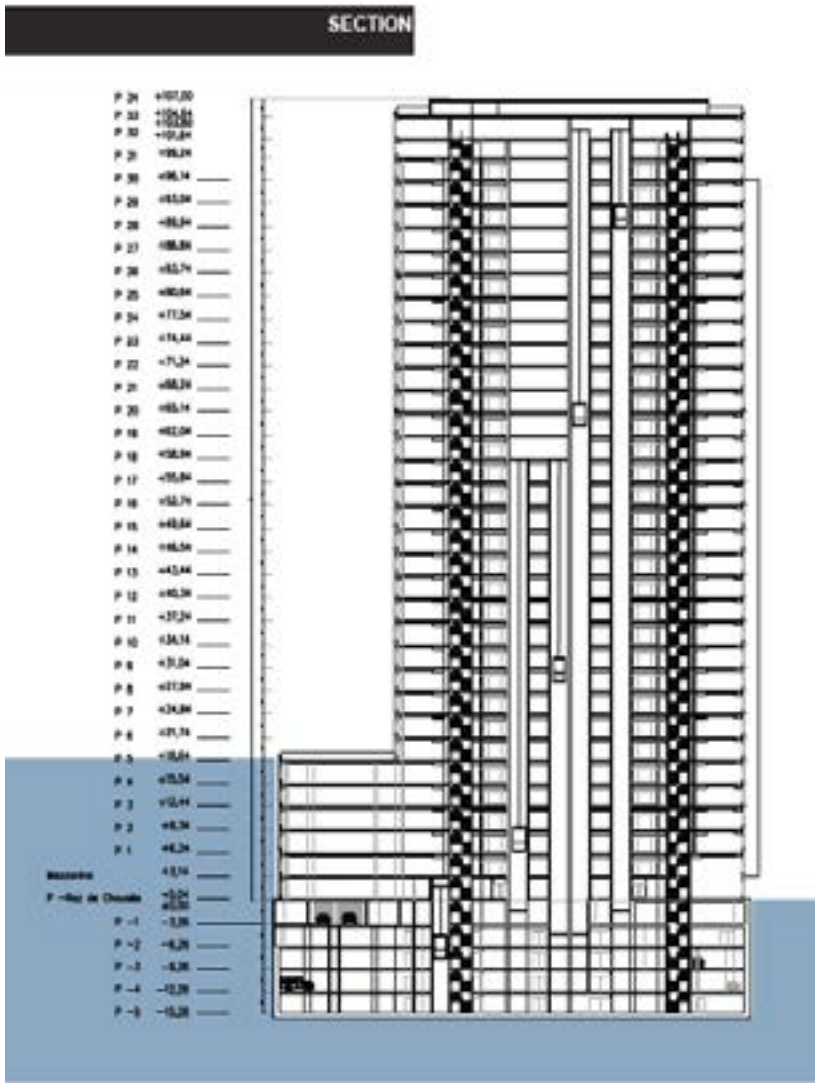
1976-??

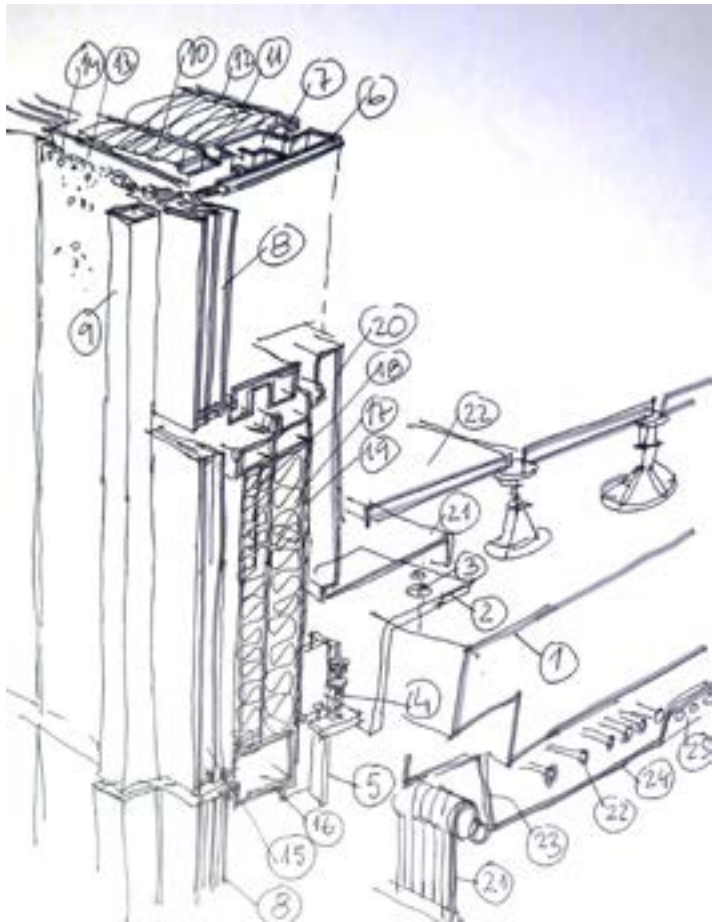
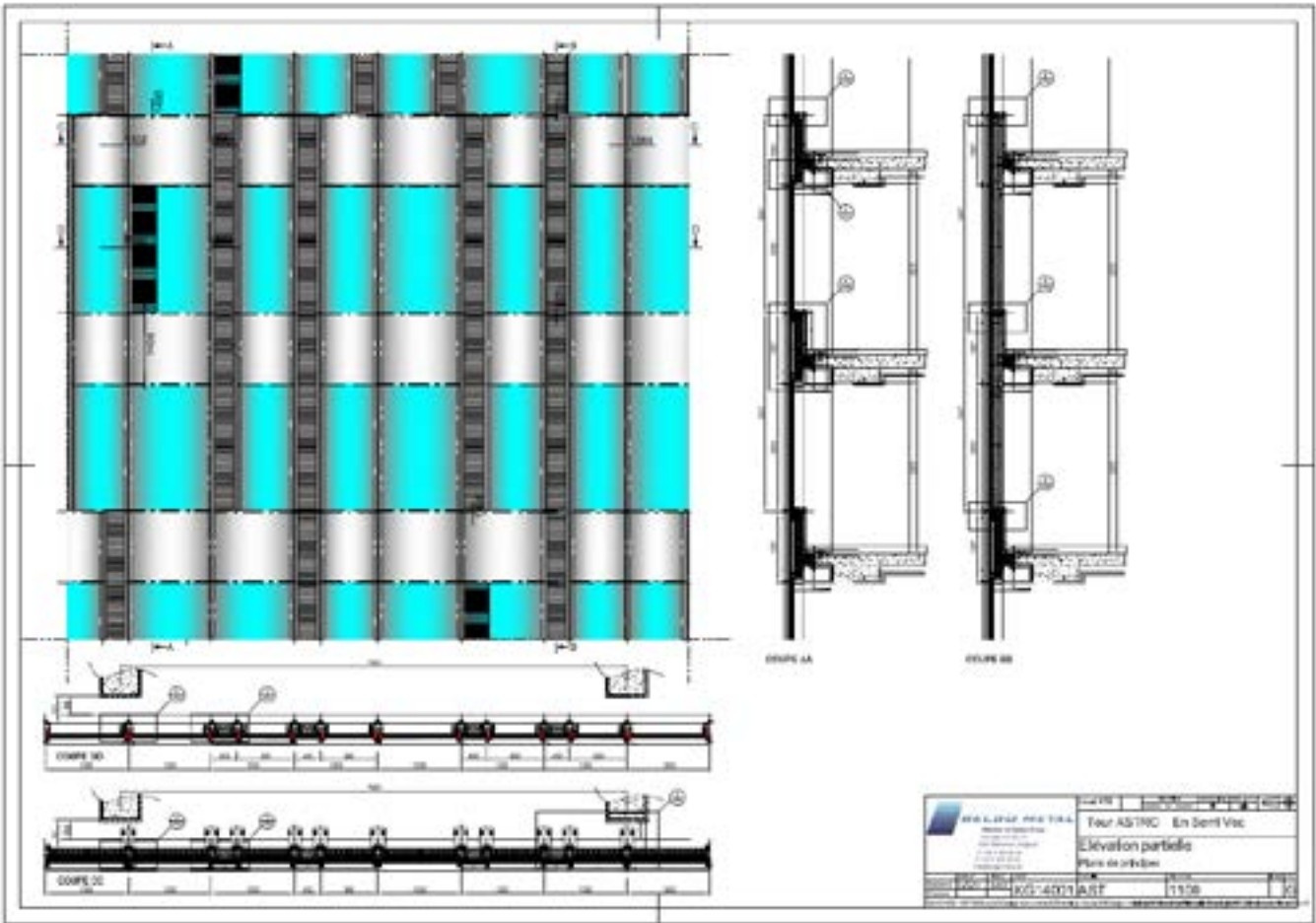
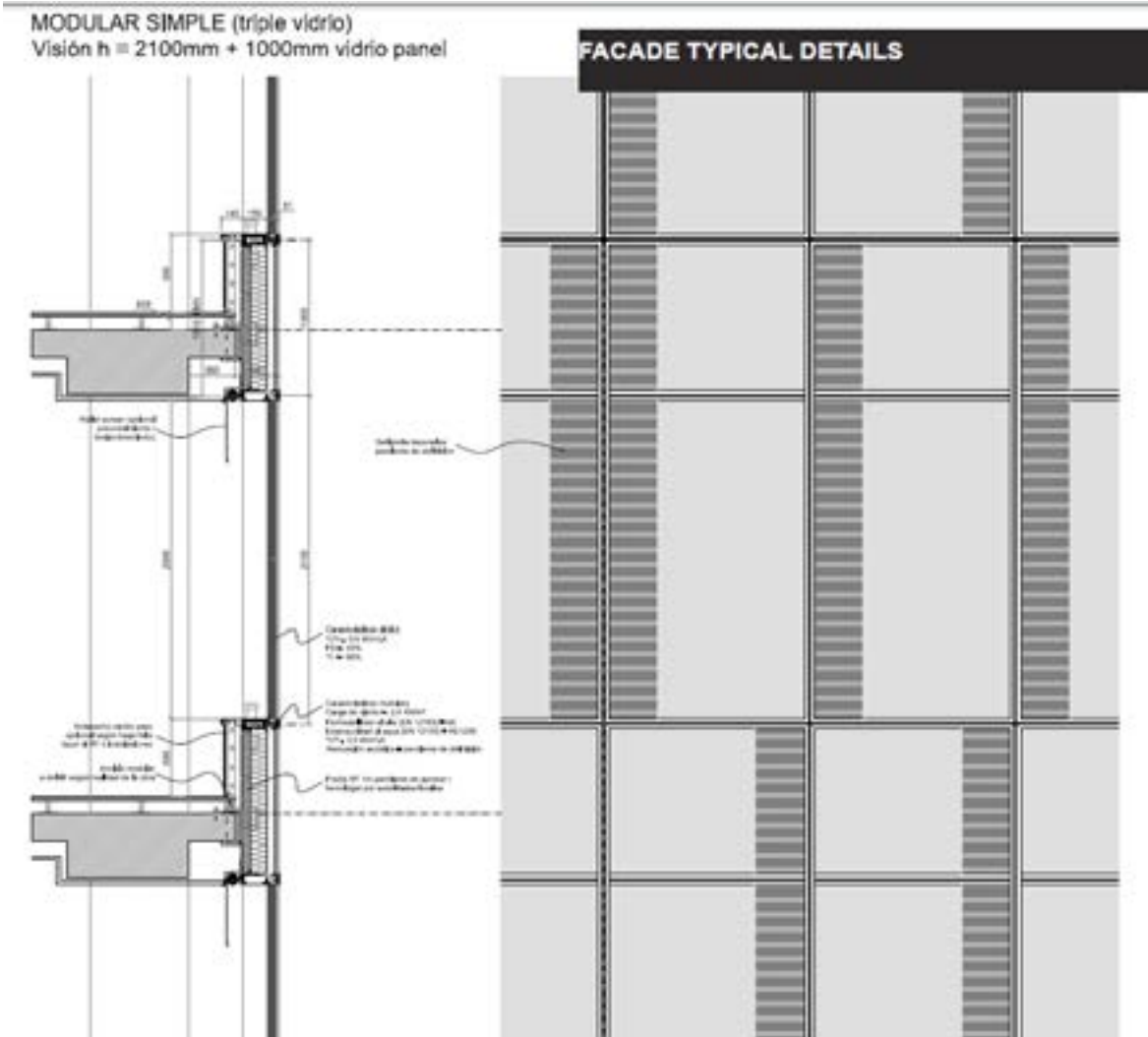
2012-2016- Estudio Lamela- Altiplan

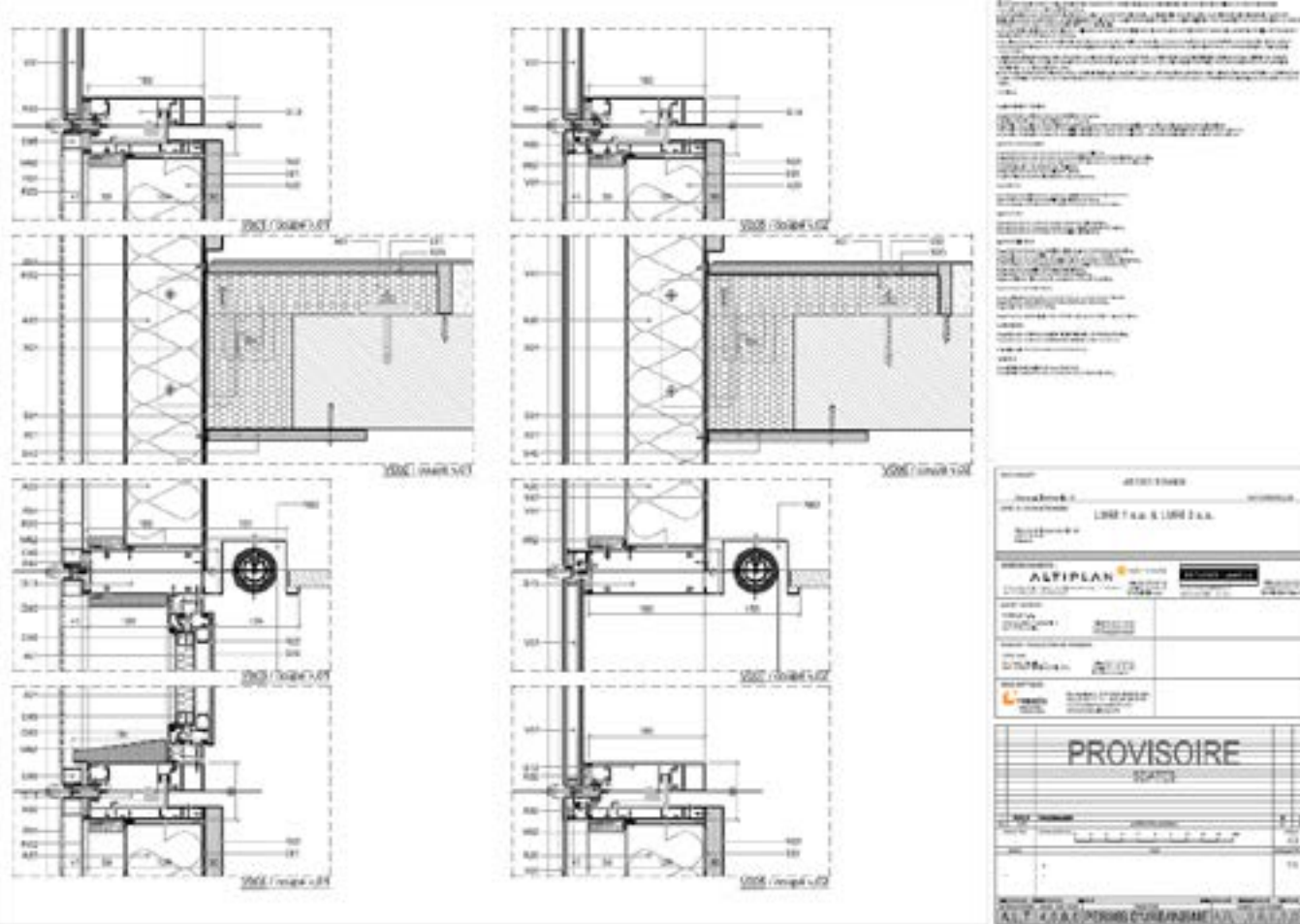
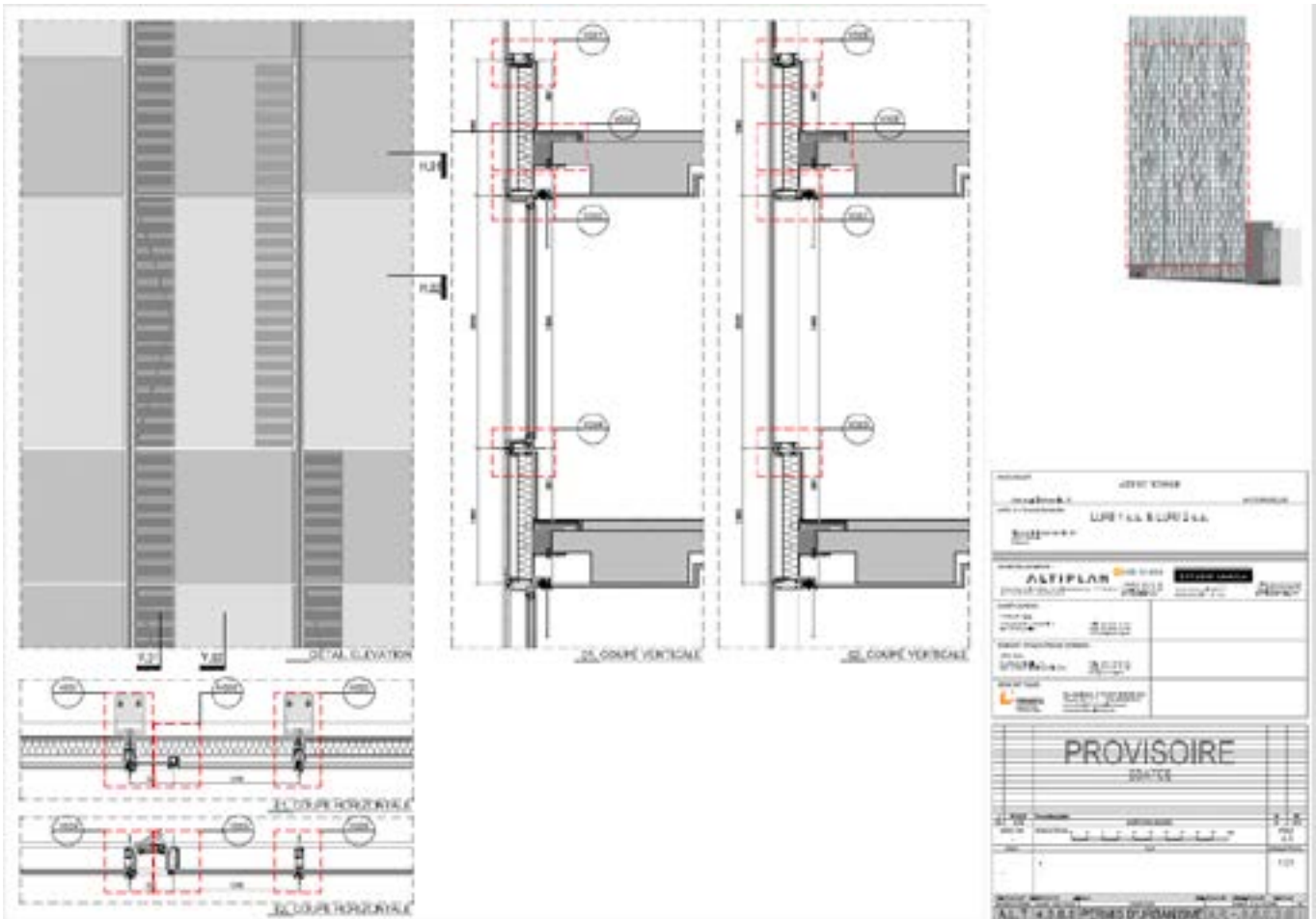
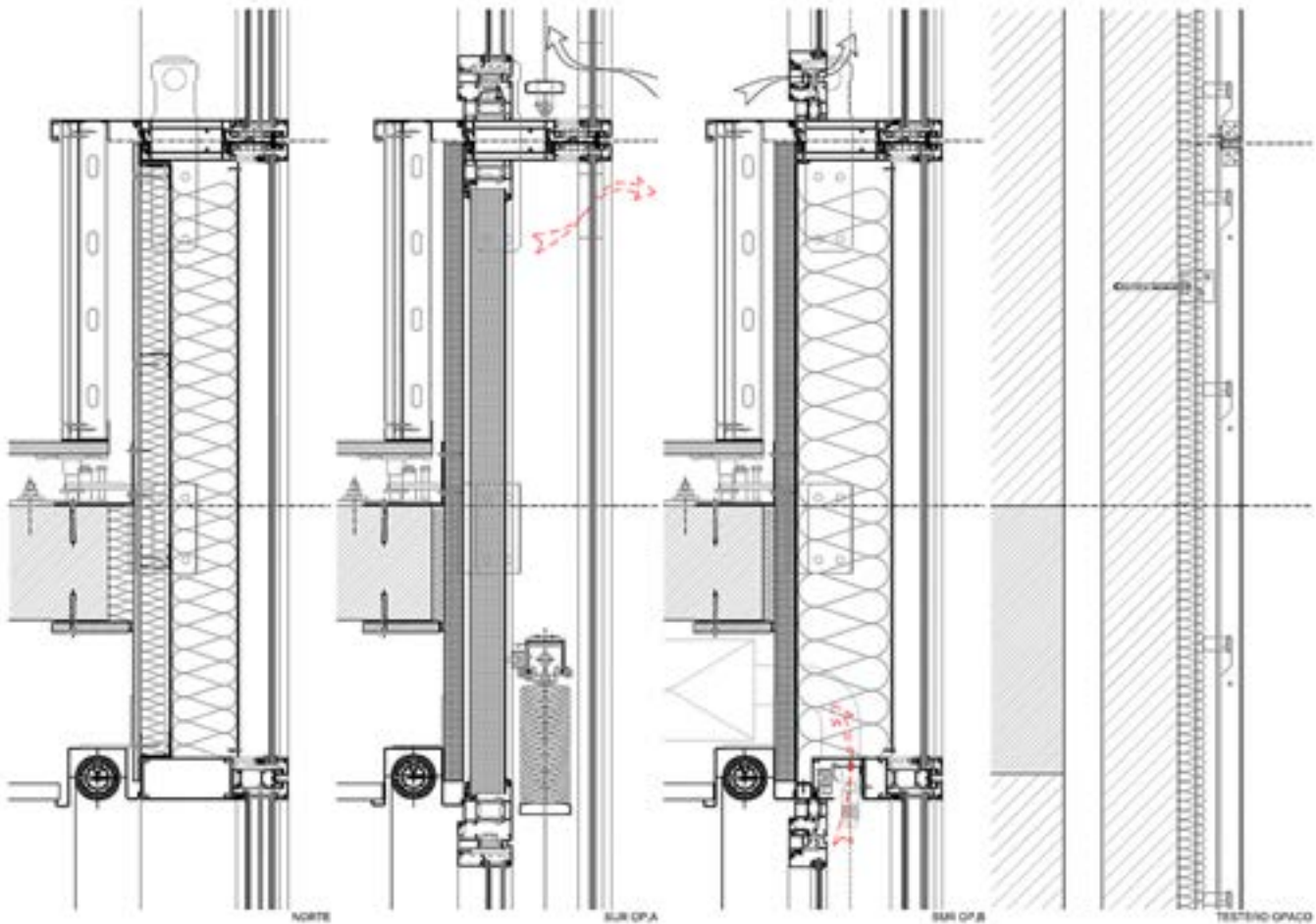
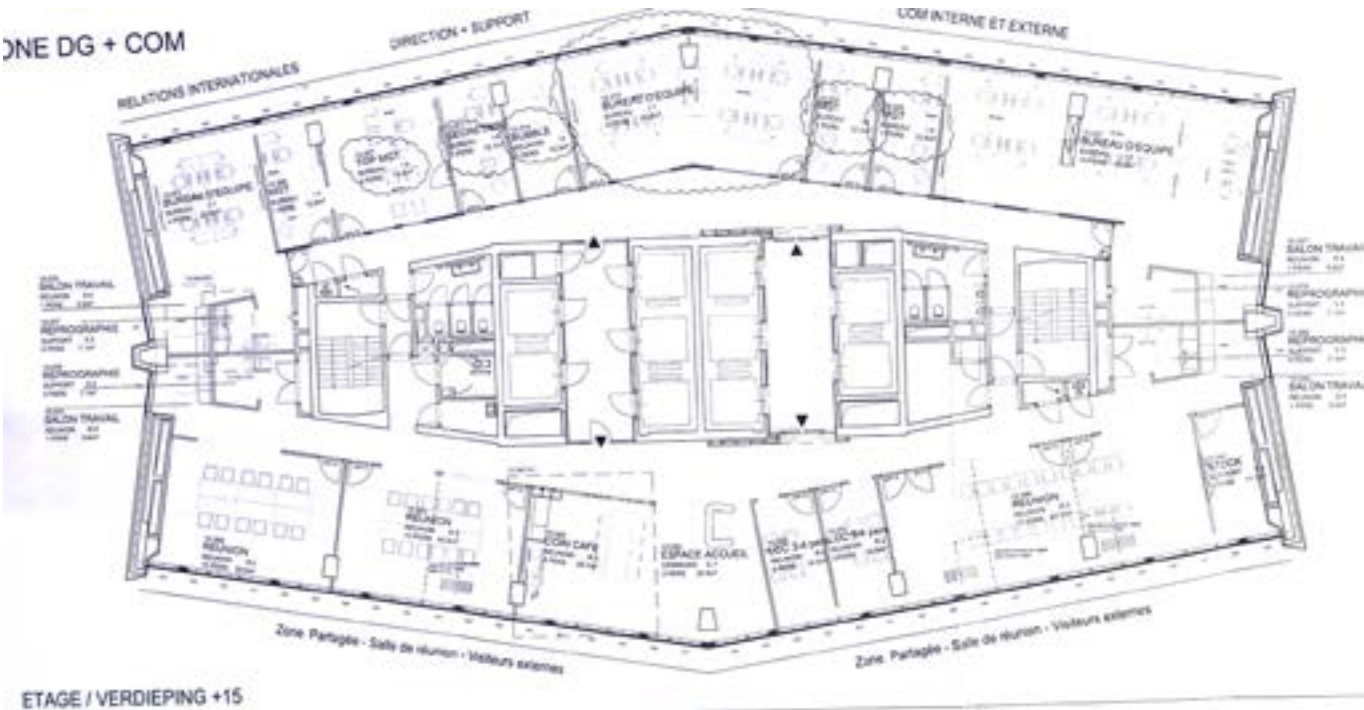
Obra Terminada

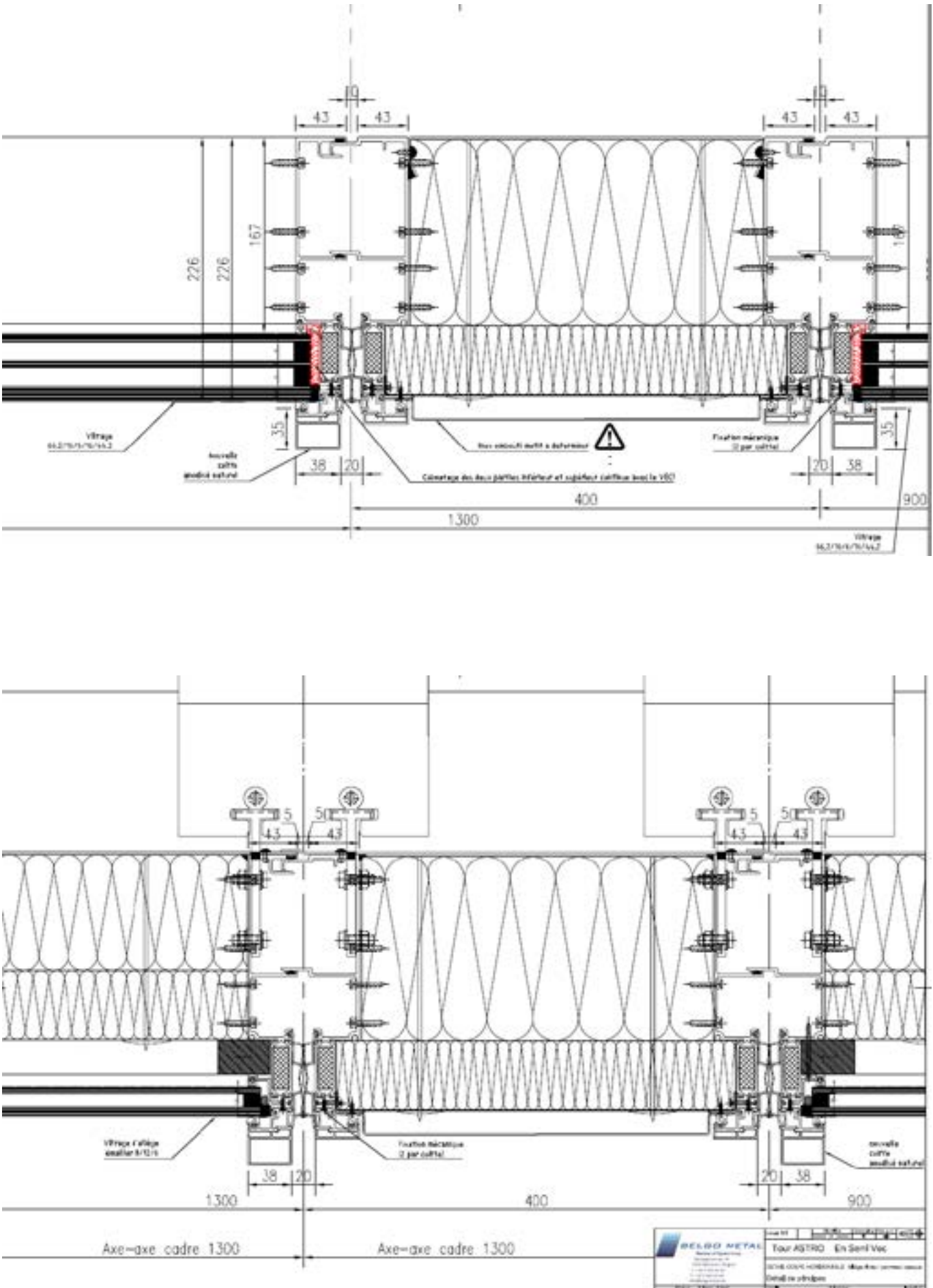
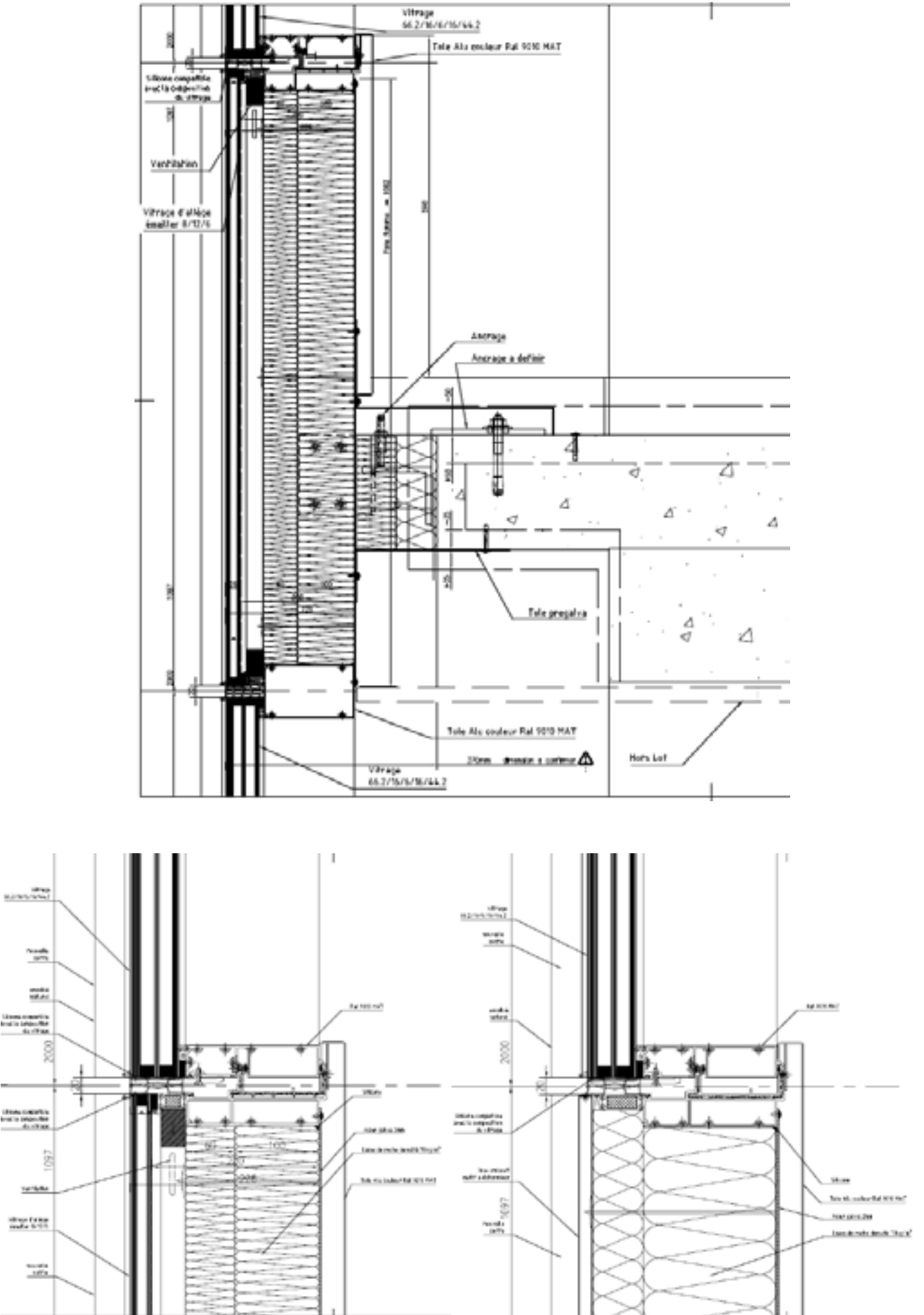
<u>mantener imagen original</u>					
<u>cambio de imagen</u>					
<u>mantener concepto original</u>					
<u>actualización de prestaciones</u>					
<u>mantener sistema constructivo</u>					
<u>cambio radical de sistema constructivo</u>					
	reparación	restauración	sustitución parcial	overcladding	recladding

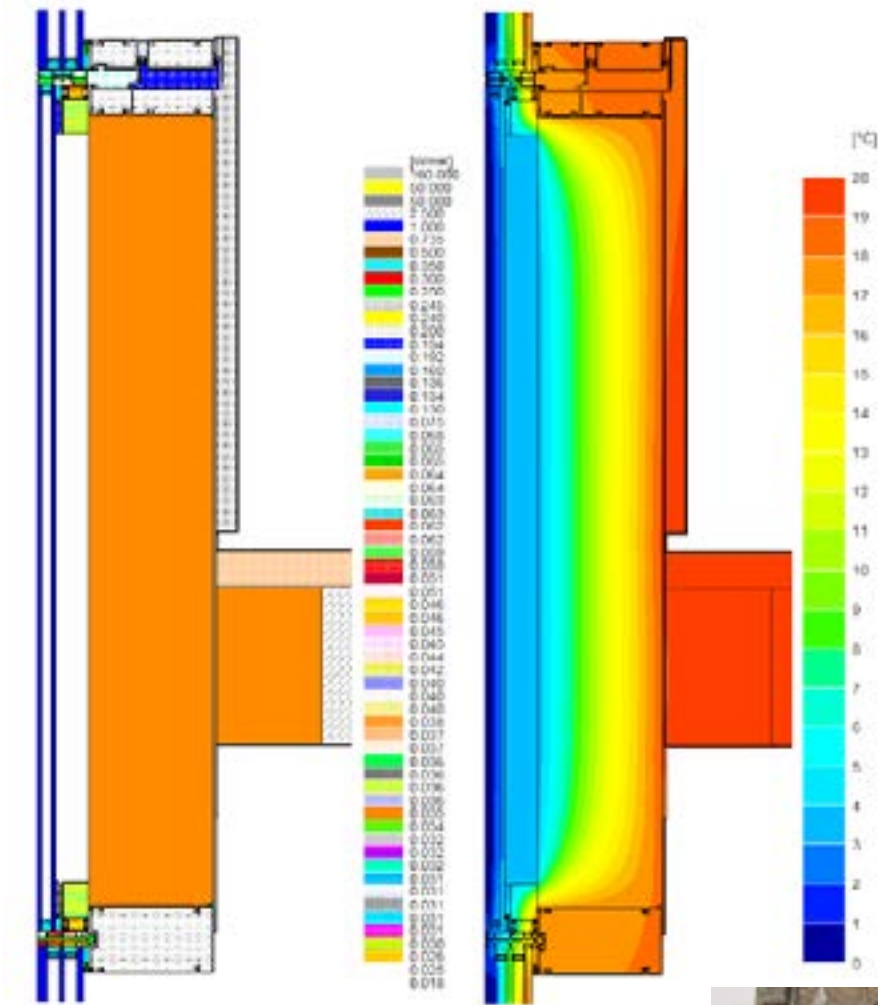
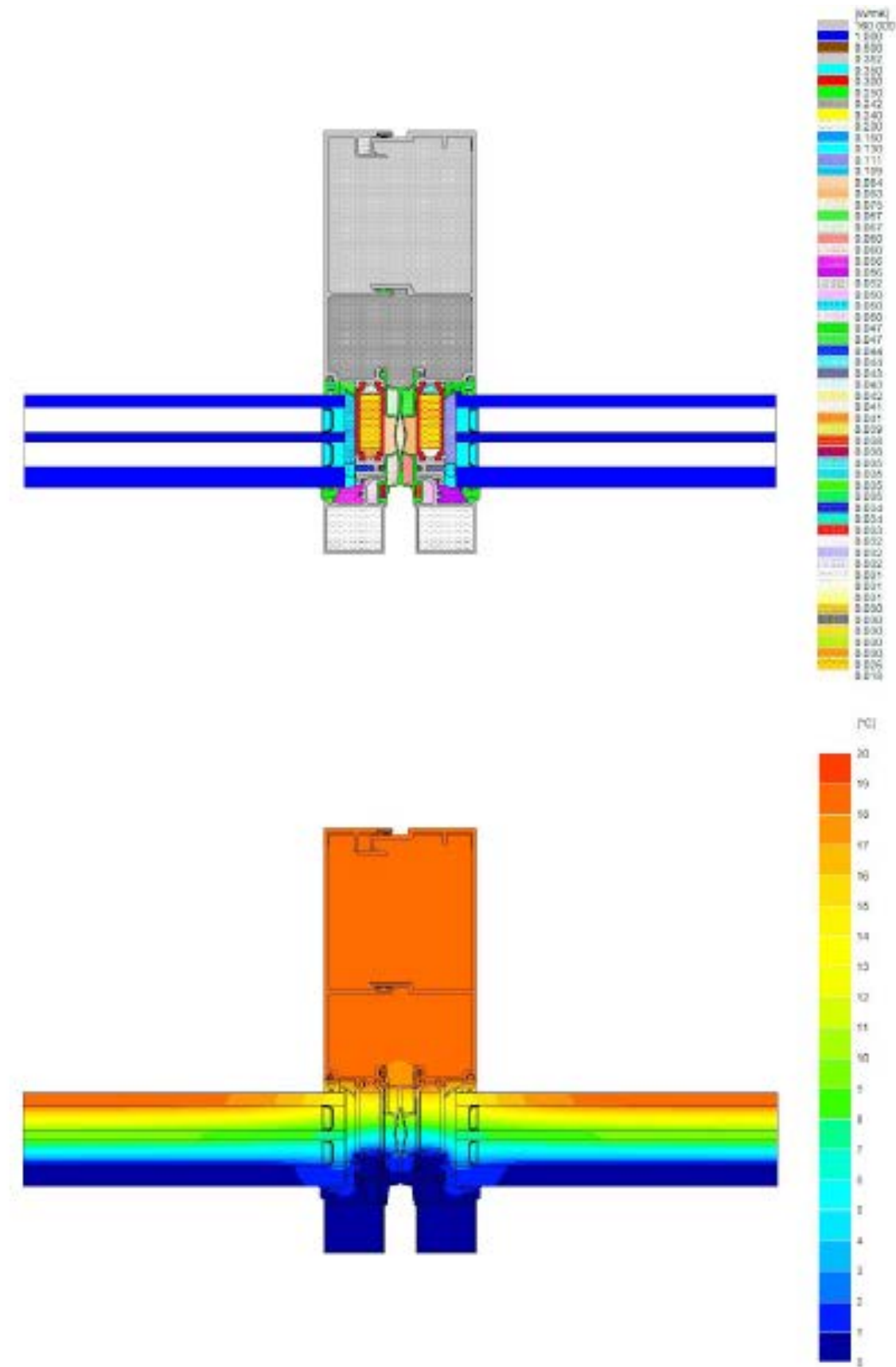








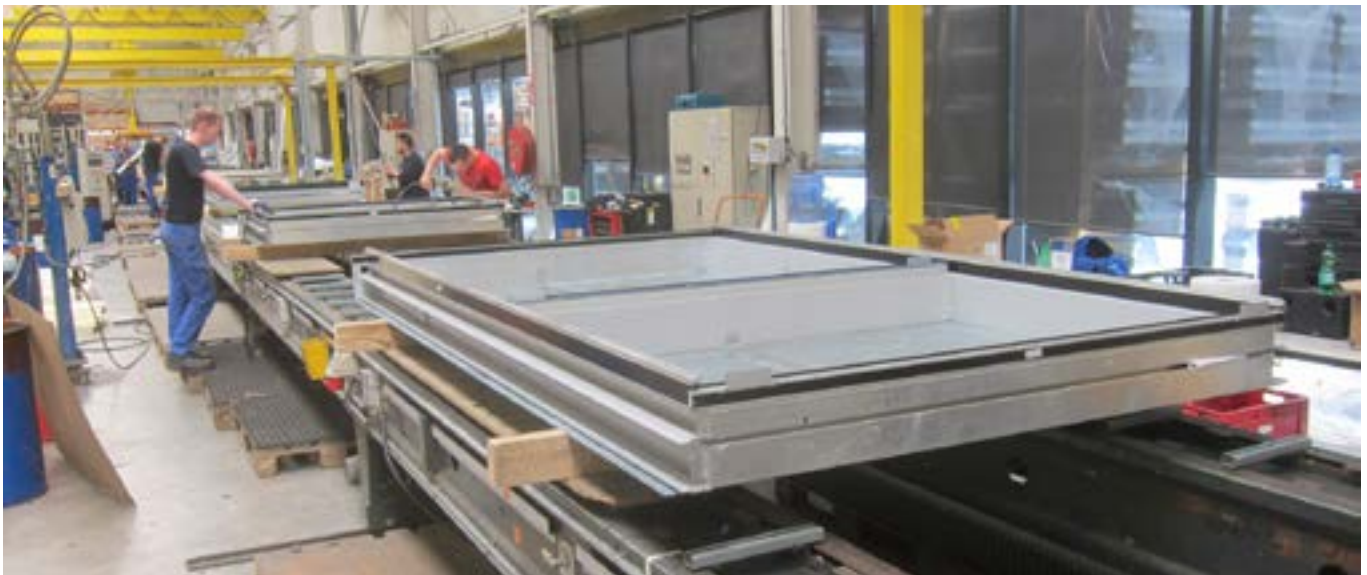
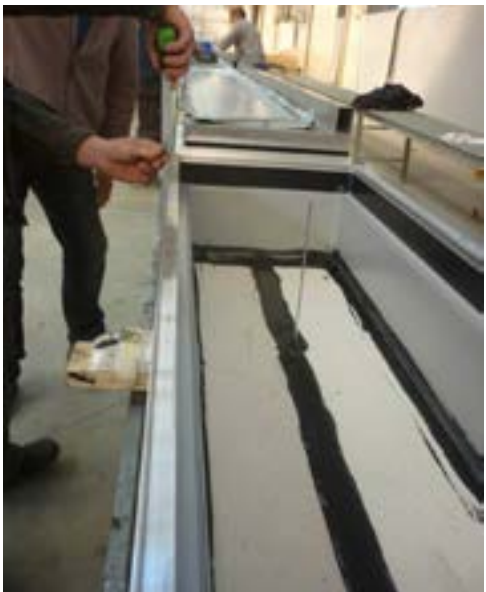


















314 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

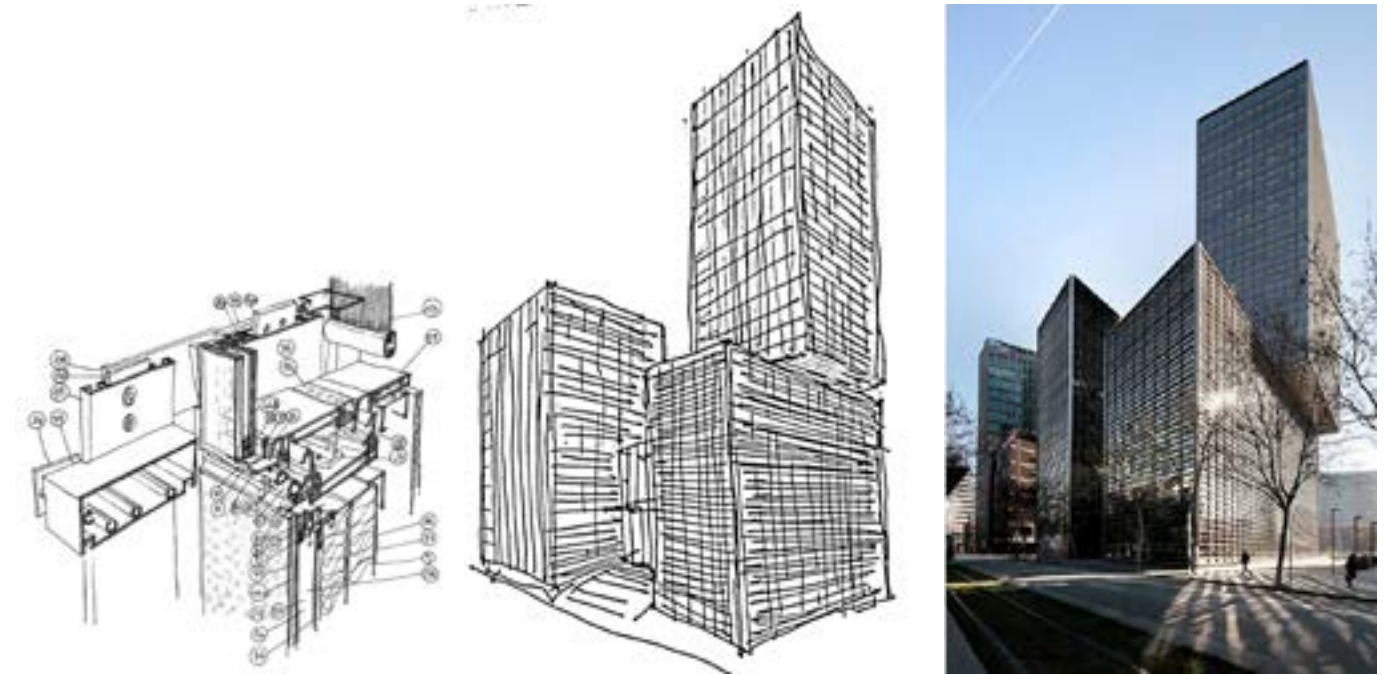


Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares 315









Estudio de Caso nº **10**

TORRE CUATRECASAS
BARCELONA.

EDIFICIO CORPORATIVO DE OFICINAS CUATRECASAS EN AV. DIAGONAL 195

Arquitectos:

G.C.A. arquitectos asociados

Consultor de fachadas:

Ferrés Arquitectos y Consultores

Año: 2014-2016

Superficie de la obra:

28.000 m²

Superficie de la fachada:

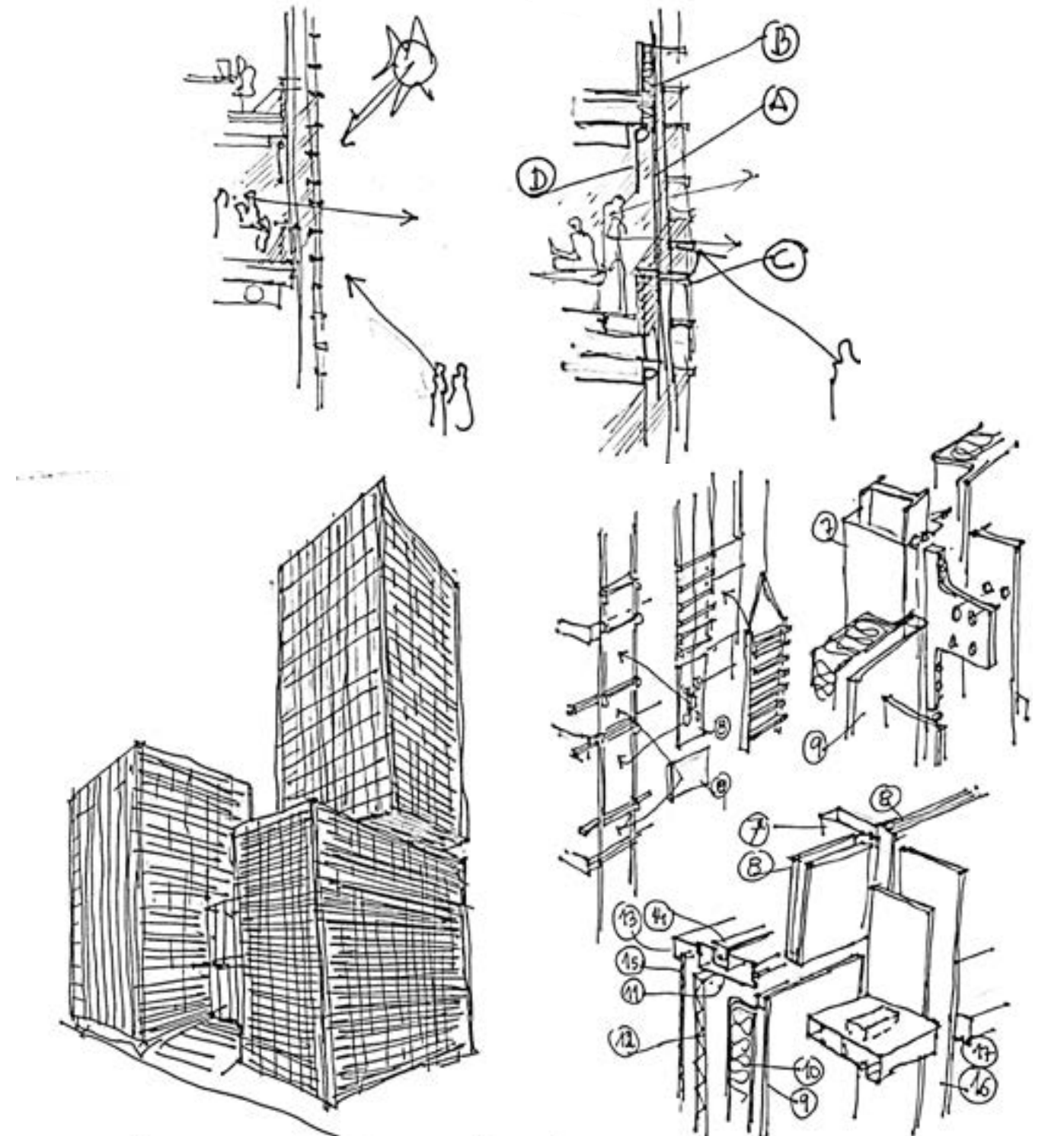
14.500 m²

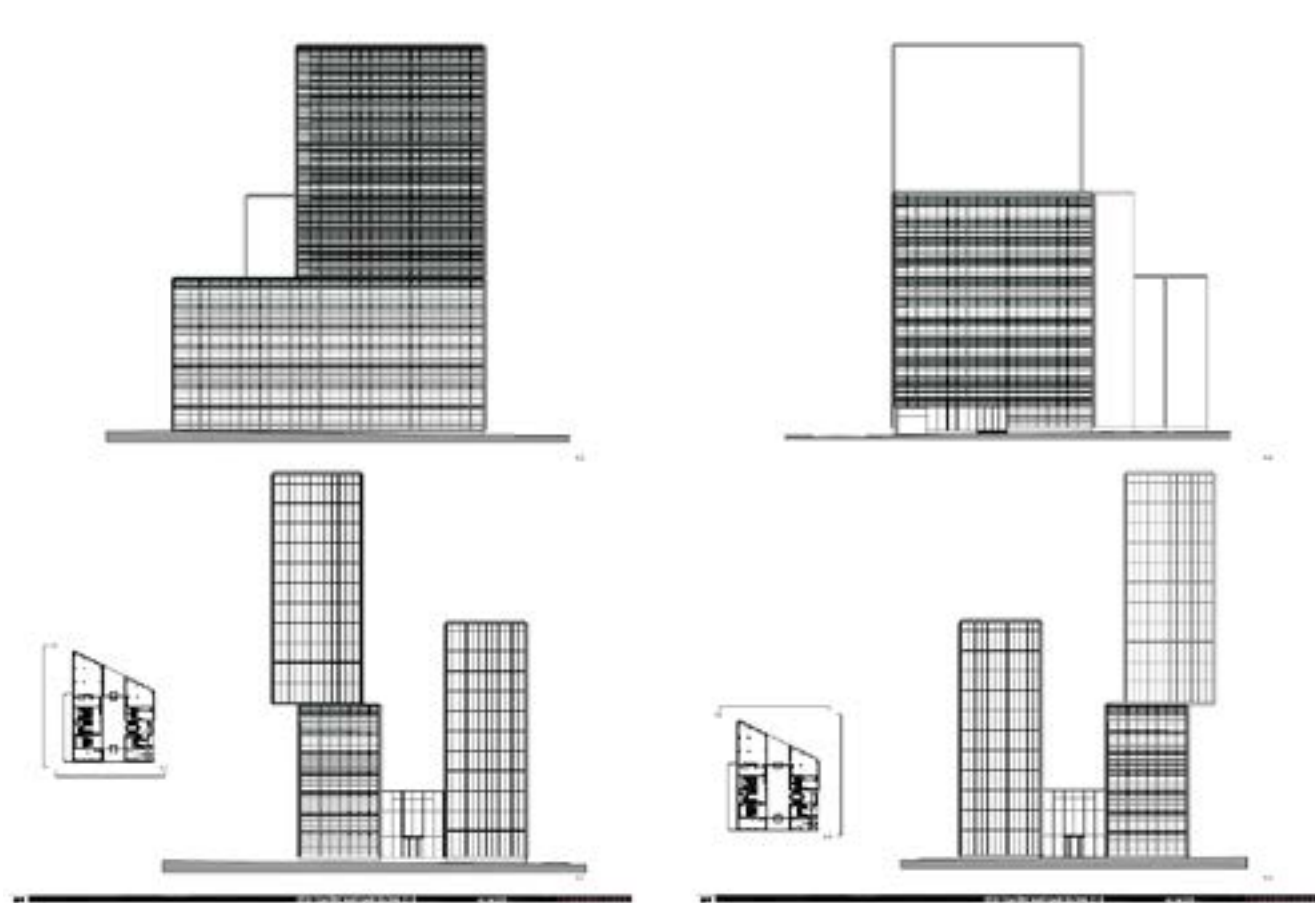
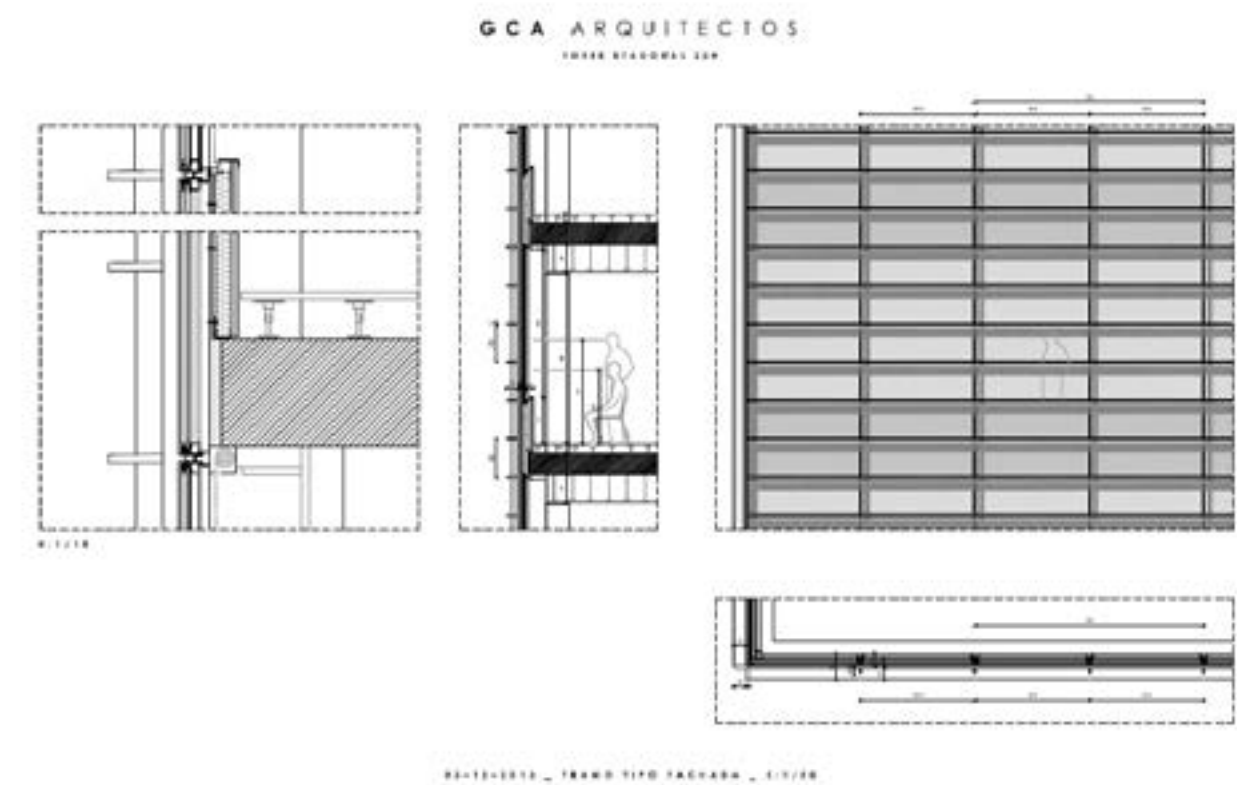
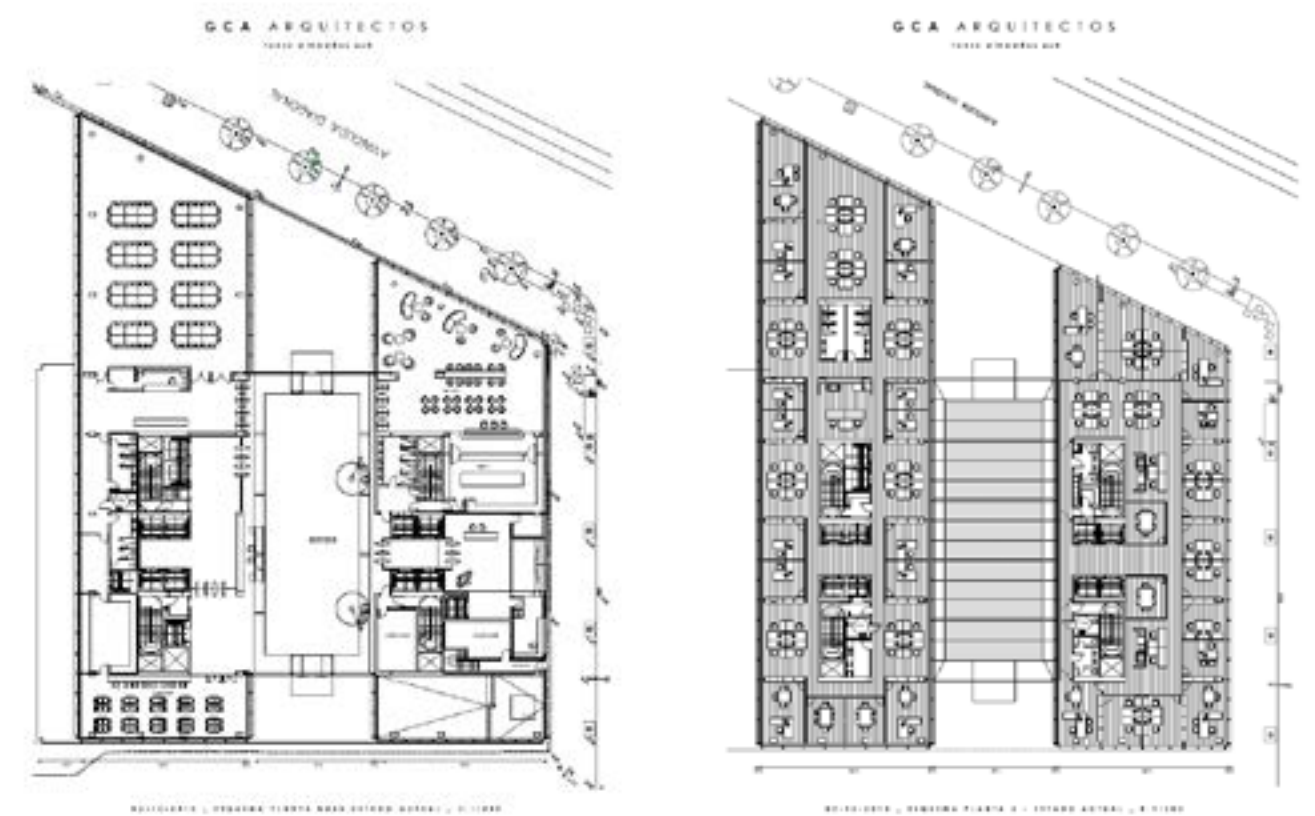
PEM de la partida de fachadas:

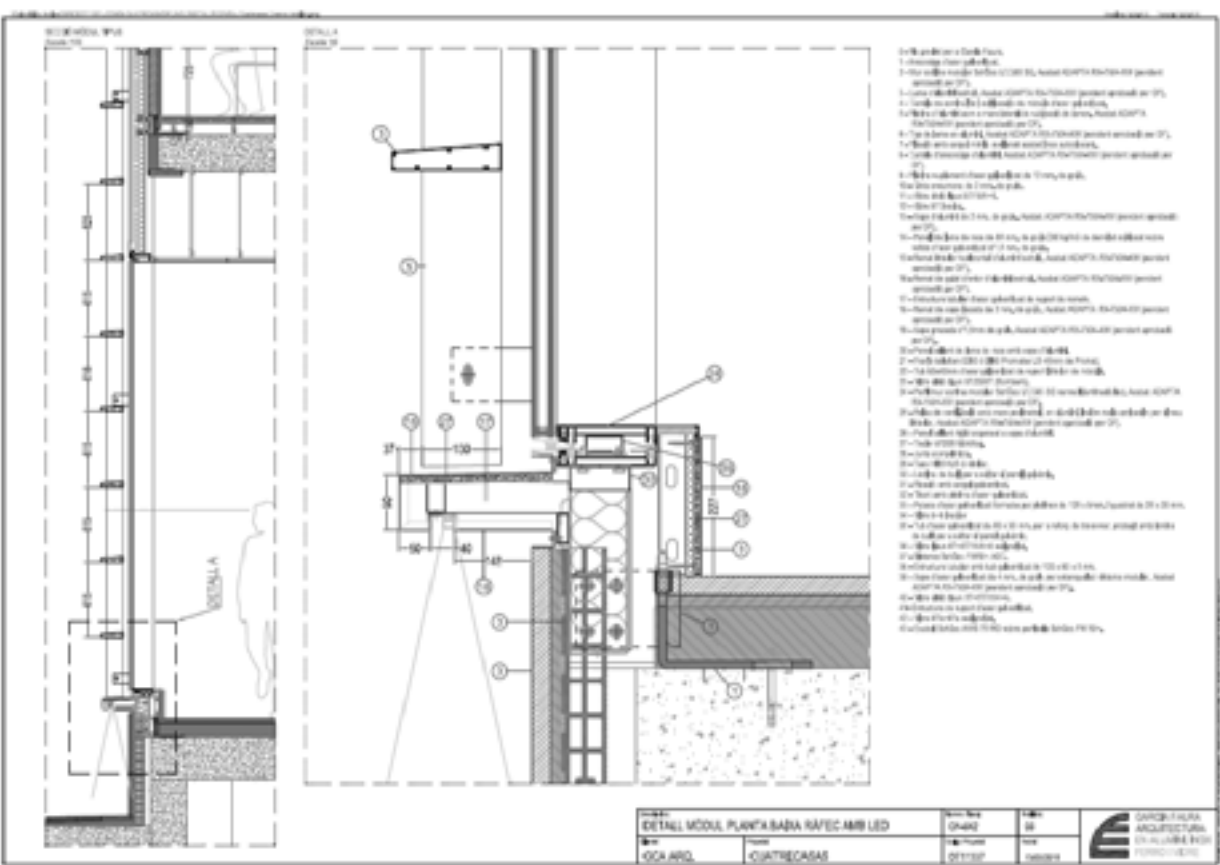
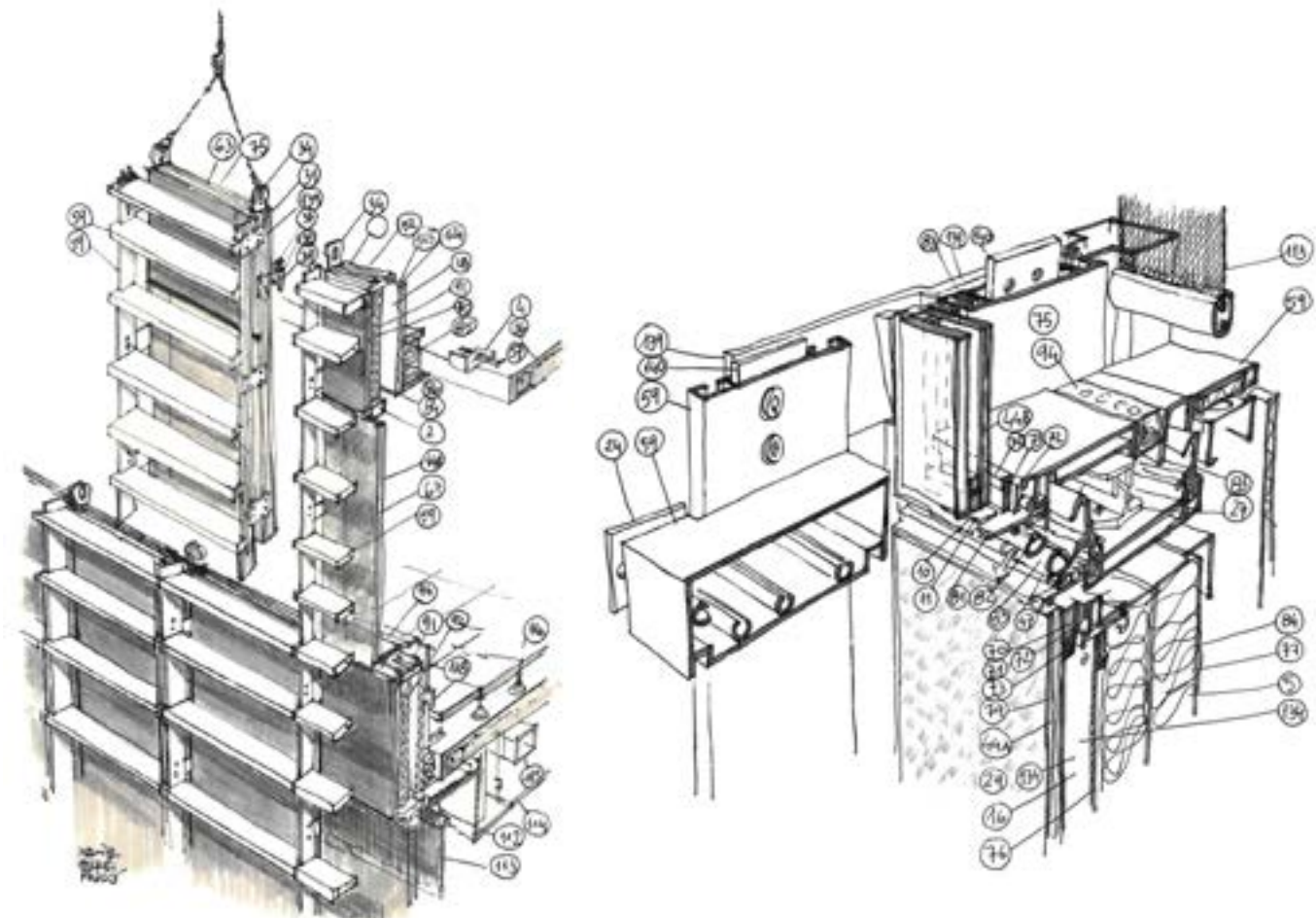
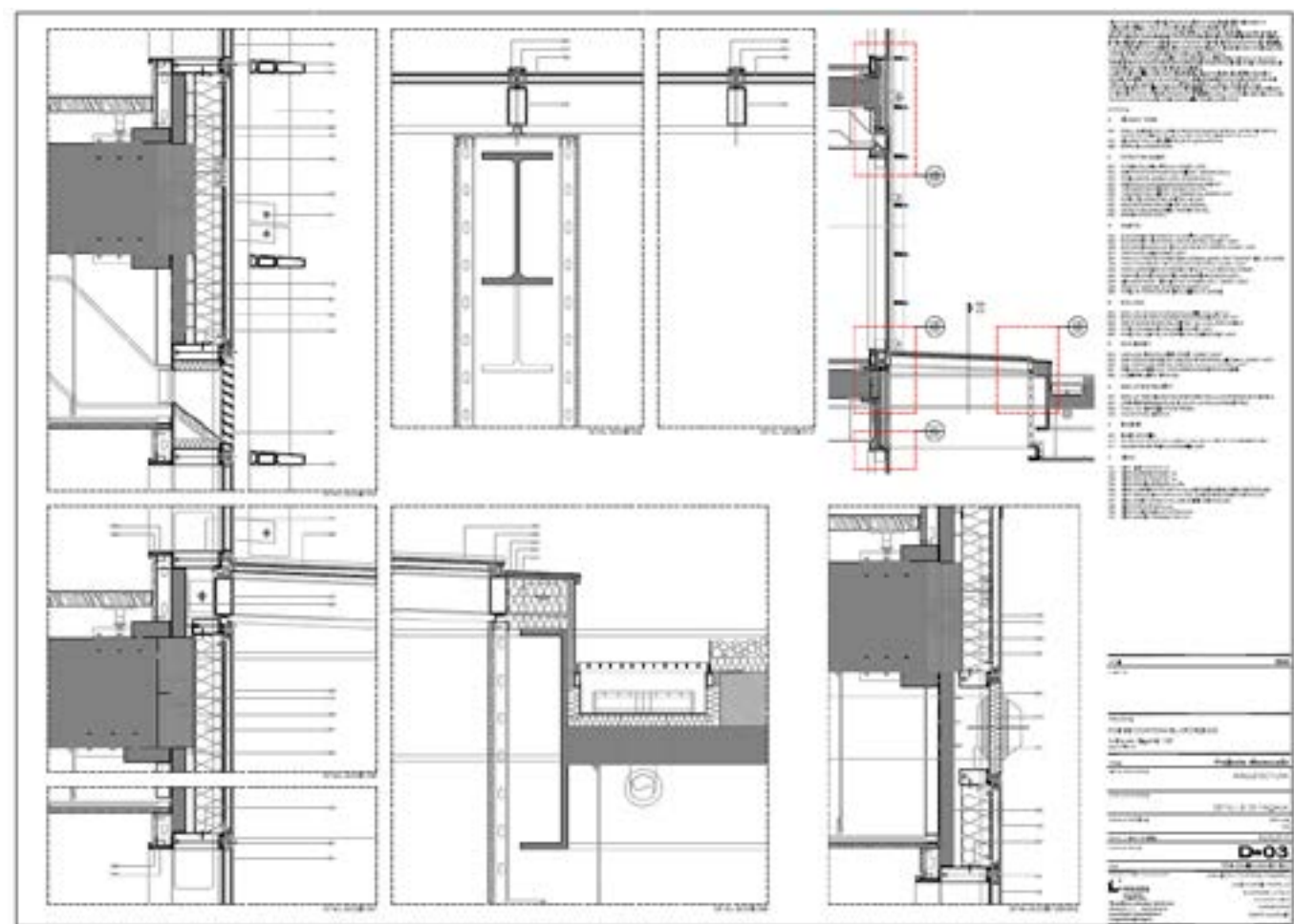
8.514.410 €

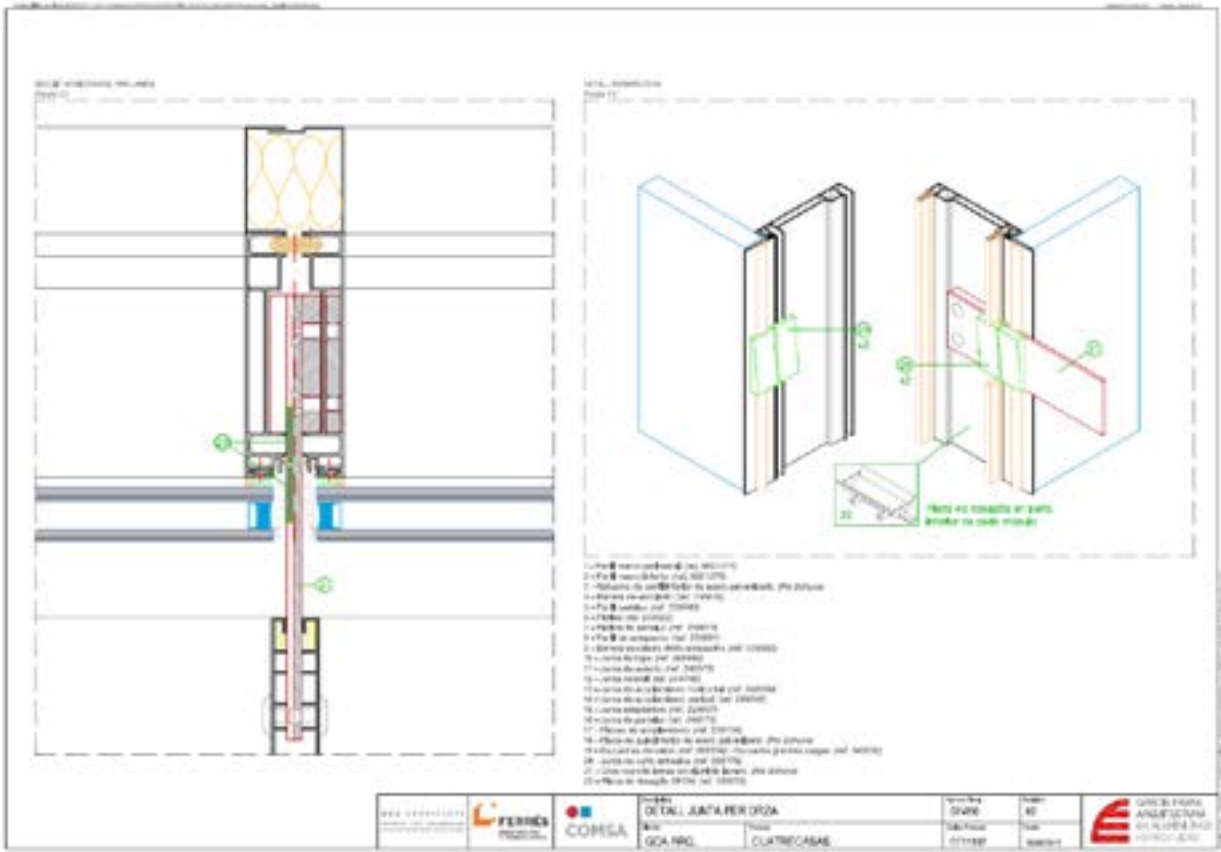
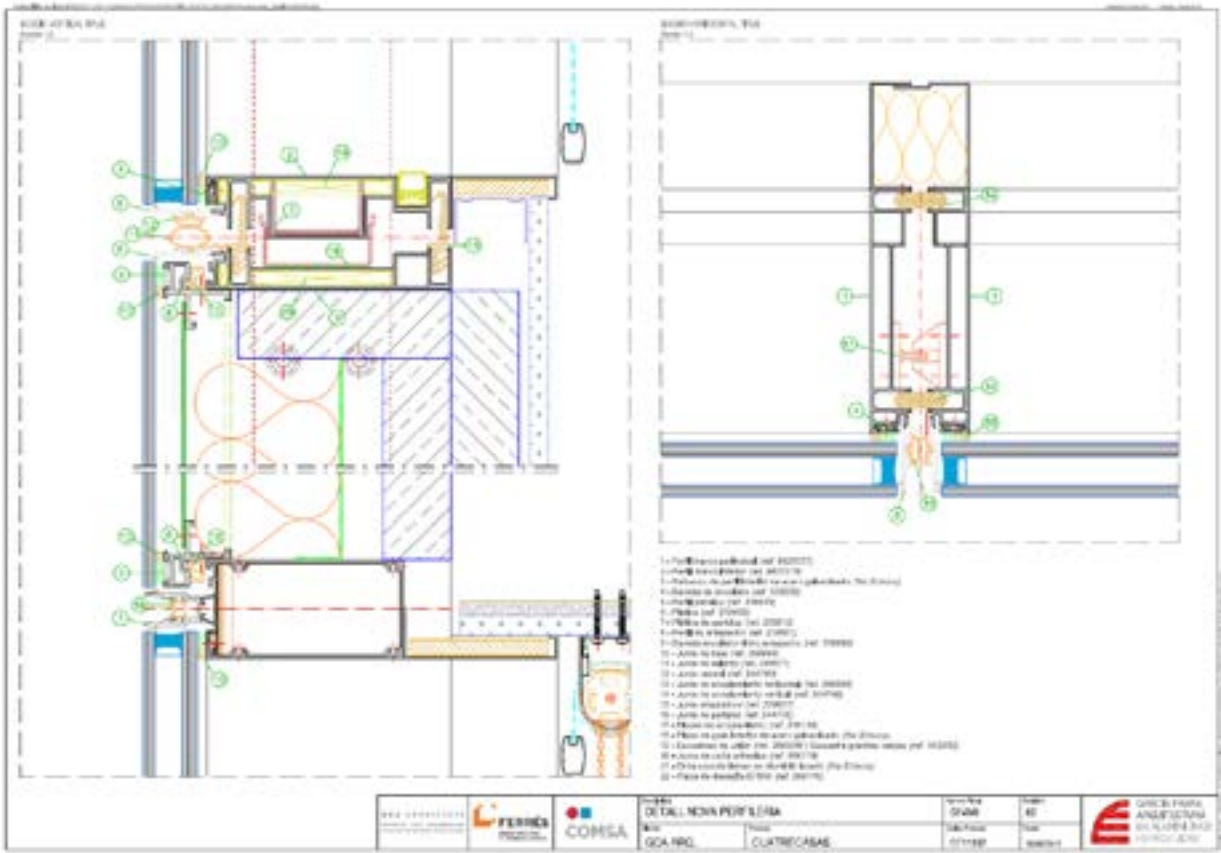
Constructor de la fachada:

García Faura



















340 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



341 Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares



342

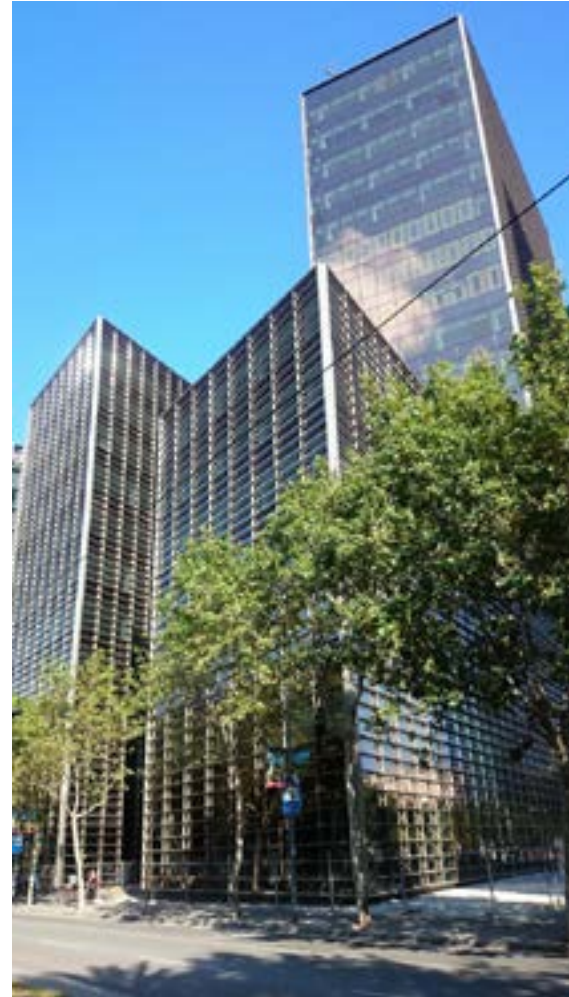
Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

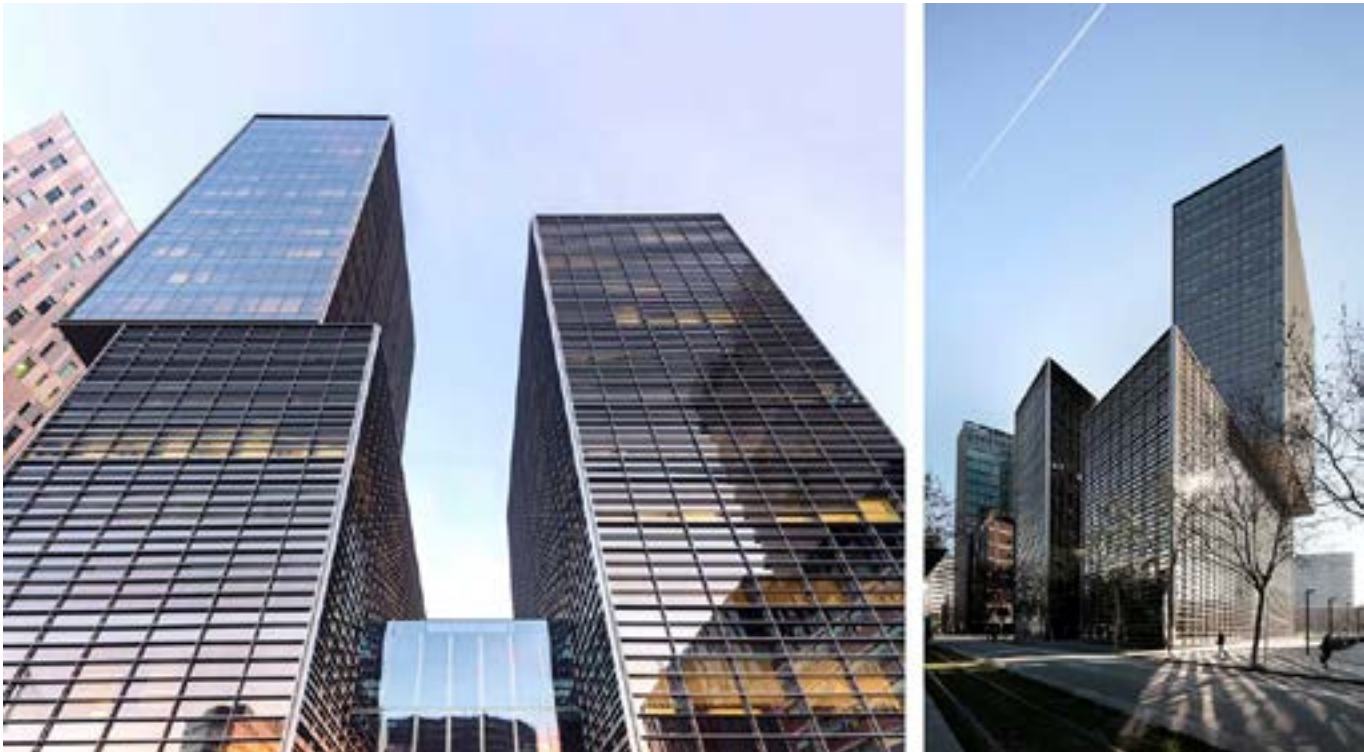


Obra en curso, evolución montaje y puesta en obra. Métodos y medios auxiliares

343







Listado de conferencias, cursos y jornadas.

17. Anexo 2.

17.1. Listado de conferencias, cursos y jornadas técnicas relevantes.

2017(3)

- **Campus ROCKWOOL**, Muros cortina y otras fachadas ligeras. Barcelona. Enero
- **UPM-ETSAM-Master MUCTA**, Fachadas ligeras. Estudios de caso. Madrid. Febrero.
- **UPM-ETSAM-UPV MFL**, Conceptos generales. Master Arquitectura de Fachadas Ligeras. Madrid. Febrero.

2016(9)

- **CTBUH- Spain Council**, Tecnología de fachadas en edificios de Gran altura. ROCA Gallery. Diciembre.
- **TECHNAL-UPC ETSAB**, Departament de projectes. Metodología de projectes de façanes. Estudis de cas. Noviembre.
- **UPC ETSAB-ETSAV** Master Tecnología de Construcció. Prefabricació i industrialització. Noviembre.

ELISAVA Lighting Design Summer Course. Proyecto de Iluminación, representamos la luz. Julio.

- **COA Madrid**. Grupo Habitat Futura. Visiones arquitectónicas. Innovación envolventes arquitectura. Madrid. Mayo.
- **ETS Ingenieros de Caminos** Arquitectura y construcción extrema, una aproximación. La Coruña. Mayo.
- **CONART Congreso Internacional Arquitectura** Técnica. Conferencia. Arquitectura y construcción extrema. Granada. Abril.
- **UPC-ETSAB**. Departament de projectes. Metodología de projectes de façanes. 10 estudis de cas. Barcelona. Abril.
- **UPM-ETSAM-Master MUCTA**, Fachadas ligeras 10 estudios de caso. Madrid. Marzo.

2015(9)

- **IED**- Postgrado de iluminación, La luz y la sombra. Noviembre.
- **UPC ETSAB-ETSAV** Master Tecnología de Construcció. Prefabricació i industrialització. Noviembre
- **ELISAVA** Lighting Design Summer Course. Proyecto de Iluminación, representamos la luz. Julio.
- **Illinois Institute of Technology. Chicago**. Construction engineering and management Program, Dpt. Light Facade development in Europe. High Tech-Low Cost. June.
- **Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes**. Sevilla. Mayo.

- **ICAE 2015 7º. Congreso Internacional de Envolventes arquitectónicas.** “Rascacielos, tecnología vertical” San Sebastián. Mayo.
- **ICAE 2015. Presentación Manual de fachadas ligeras.** “Lo que no se ve”. San Sebastián. Mayo.
- **Construmat. Presentación Manual de fachadas ligeras.** Evolución de las fachadas 2006-2015 Barcelona. Mayo.
- **COAC. Construcción LOW-Tech High Efficiency.** Building Beyond Barcelona-Construmat Barcelona. June.

2014(5)

- **UPC ETSAB-ETSAV** Master Tecnología de Construcció. Prefabricació i industrialització. Noviembre.
- **Grupo Via. Foro Building Futures.** Col·legi Economistes. La consultoría de Fachadas, apoyo a los arquitectos. Junio.
- **UEM. Univ. Europea de Madrid.** Master Universitario técnicas avanzadas en proyectos de arquitectura. Fachadas ligeras. Junio.
- **Colegio Arquitectos de Madrid.** Instituto de arquitectura: Curso Industrialízate. Eficiencia Industrial en la Arquitectura. Marzo.
- **ELISAVA Lighting Design Summer Course.** Proyecto de Iluminación, representamos la luz. Julio.

2013(10)

- **UPG ETSAC Coruña. Veteco-Asefave** Rehabilitación integral de las envolventes. 12 Diciembre.
- **UPV-ETSAV Valencia Escola d'arquitectura.** Construir dibujando VS dibujar construyendo. 14 Noviembre.
- **UPC ETSAB-ETSAV Master Tecnología de Construcció.** Prefabricació i industrialització. 8 Noviembre.
- **Veteco-Asefave** Rehabilitación integral de las envolventes. Una visión de la técnica. 30 Octubre.
- **European Solar Shading Org. ES-SO.** Control solar en edificios bajo consumo energético. 10 Octubre.
- **ELISAVA Dual Summer Course.** London-Barcelona. Proyecto de Iluminación, representamos la luz. Julio.
- **Grupo IDEA. 10 Ideas sin respuesta.** La evolución de la fachada ligera como excusa 20 Junio.
- **Schüco, Mesa Redonda.** El futuro, personal entorno y técnica. Barcelona. 22 Mayo.
- **ETSAB-UPC Jornada Técnica.** Comportamiento térmico de la fachada ventilada. “No todo son ventajas” Marzo.
- **Sala MITTE-Elisava.** Metodología de proyecto de iluminación, de la idea al proyecto construido. Enero.

2012(14)

- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya, ETS. d'Arquitectura de Barcelona-ETS Arquitectura del Vallés,** Master Tecnología de la Edificació. Barcelona. Noviembre.
- **Sagrada Familia.** “El dibuix com mitjà d'expersió immediat. Reflexions”. Julio.
- **ICAE 2012 6º. Congreso Internacional de Envolventes arquitectónicas.** Mesa Redonda “El límite de las fachadas ligereas”. San Sebastián. Junio.
- **ICAE 2012 6º. Congreso Internacional de Envolventes arquitectónicas.** “Metodología de un proceso hacia el límite”. San Sebastián. Junio.
- **Elisava UPF. Master Il·luminació Arquitectónica.** De les façanes il·luminades al media-façade. Mayo.
- **UEM. Univ. Europea de Madrid.** Master Universitario técnicas avanzadas en proyectos de arquitectura. Fachadas ligeras. Mayo.
- **ETSAM Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda Colectiva. Cátedra de Proyectos. Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Mayo.
- **Sala Vinçon Barcelona,** Dibuix per a arquitectes iniciats. Mayo.
- **Sala Vinçon Barcelona,** Dibuix per a debutants. Mayo.
- **Sala Vinçon Barcelona,** Jornada Técnica Euronit Fachadas ventiladas, Obra nueva. Mayo.
- **Sala Vinçon Barcelona,** Jornada Técnica Euronit Fachadas Ventiladas, Rehabilitación Mayo.
- **Sala Vinçon. UPC Máster de Tecnología a l'Arquitectura.** Detalls constructius dibuixats. Escala i definició. Mayo.
- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya, ETS. d'Arquitectura de Barcelona.** Un procés cap al limit. Enero.

2011(16)

- **Elisava Jornada Orientació Profesional.** Workshop. Disseny d'il·luminació, Desembre.
- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya, ETS. d'Arquitectura del Vallés.** Construcció de tancaments lleugers. Sant Cugat. Noviembre.
- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya, ETS. d'Arquitectura de Barcelona-ETS Arquitectura del Vallés,** Master Tecnología de la Edificació. Barcelona. Octubre.
- **COAIB Palma.** LEDs para proyectos singulares de Fachadas; Santos Iluminación. 13 Octubre.
- **COAIB Palma.** Fachadas ventiladas y la construcción de Hoteles singulares. Jornada Técnica EURONIT 22 julio.

- **Ajuntament de Vilassar** passejades pel poble. L'obra d'Eduard Ferrés a Vilassar. 2 Junio.
- **Biblioteca Municipal Vilassar.** Eduard Ferrés Puig, Insolit, Inèdit, Obra completa de l'arquitecte, desde el Maresme cap el món, Mayo.
- **Schüco** Sostenibilidad, Taula Rodona. Barcelona. 19 Mayo.
- **Construmat** 2011. ASEFAVE. Presentación manual de instalación de ventanas. 17 Mayo.
- **Jornada Técnica HILTI COAC-Col·legi d'arquitectes de Catalunya. Barcelona.** Vincles i fixacions per façanes lleugeres. Barcelona. Mayo.
- **UEM. Universidad Europea de Madrid.** Master Universitario técnicas avanzadas en proyectos de arquitectura. Muros cortina. Abril.
- **Master Lamela. AULA.** Consultores externos. Proceso de proyecto. Madrid Abril.
- **ETSAM Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda Colectiva. Cátedra de Proyectos. Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Marzo.
- **Master Lamela. AULA.** Fachadas ligeras conceptos básicos. Madrid. Marzo.
- **Escola Massana. DREAM** Intercanvi internacional. El disseny amb vidre: art, ofici i tecnologia. Febrero.
- **UPV Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** III Master Fachadas Ligeras. San Sebastián. Febrero.

2010(12)

- **Temple de la Sagrada Familia,** Desarrollo de fanales y apliques del interior del templo. 10 años de proceso. Diciembre.
- **Luzern Architektur Hörschule.** Refurbishment façade Workshop. EFN. Noviembre.
- **Facade 2010** Conference on building Envelopes. Luzern Hochschule. Refurbishment façade. New strategies for old light façades. Noviembre.
- **UPC. ETS. d'Arquitectura de Barcelona,** Proyectos VII i VIII. Del boceto a la obra construida. BCN. Noviembre.
- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya,** ETS. d'Arquitectura de Barcelona-ETS Arquitectura del Vallés, Master Tecnología de Construcció. Barcelona. Noviembre.
- **UPV Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** III Master Fachadas Ligeras. San Sebastián. febrero.
- **CEN-AJAM-Centro Español de Nuevas Profesiones.** Universidad Autónoma de Madrid Eficiencia energética en cerramientos ligeros. Madrid. Mayo.

- **ETSAM Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda Colectiva. Cátedra de Construcción Arquitectónica Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Marzo.
- **Schüco. Jornada Técnica.** Col·legi Arquitectes Balears. Palma de Mallorca. Maig
- **European Network Façade.** I Symposium. La doble piel y el fuego, Propuesta de proyecto de investigación. UPV-F Arquitectura en San Sebastián. Marzo.
- **Sector Arquitectura. Fachadas Ligeras y sostenibilidad.** El plus ecológico. COAC. Marzo.
- **Euronit-European Meeting.** Jornada Técnica Cladding and construction board. Barcelona. Enero.

2009(13)

- **UPC Universitat Politècnica de Catalunya,** ETS. d'Arquitectura de Barcelona-ETS Arquitectura del Vallés, Master Tecnología de Construcció. Barcelona. Noviembre.
- **UPV Facultad de Arquitectura. Universidad del País Vasco,** III Master Fachadas Ligeras. San Sebastián, Noviembre.
- **b-720,** curso de formación interna. El proceso de construir. Barcelona. Noviembre.
- **COAC- Col·legi d'arquitectes de Catalunya. Barcelona.** El foc i les façanes lleugeres. Jornada Técnica SCHÜCO. Barcelona. Noviembre.
- **CEN-AJAM-COAM Centro Español de Nuevas Profesiones. COAM.** Eficiencia energética construcción y CTE. Madrid Noviembre.
- **Grupo Habitat Futura Visiones arquitectónicas, grupo Habitat,** Mesa redonda. Casos de arquitectura bioclimática y sostenible. Barcelona. Noviembre.
- **CNFL 5º. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** "Prototipos, final de un proceso". San Sebastián. Junio.
- **MHCB. Congrès Historia Ciutat de Barcelona.** La Setmana Tràgica. Museu Història de la Ciutat de Barcelona. Mayo.
- **COAMA Colegio de Arquitectos de Málaga.** Jornada Técnica nuevos envolventes. EURONIT-ETERNIT. Abril. Málaga.
- **COASev. Colegio de Arquitectos de Sevilla.** Fundación FIDAS. Jornada Técnica nuevos envolventes. EURONIT-ETERNIT. Marzo. Sevilla.
- **Construmat- Jornada Técnica nuevos envolventes.** EURONIT-ETERNIT. Abril. Barcelona.
- **UPV Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** II Master Fachadas Ligeras. San Sebastián Enero.

- **ETSAM Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda Colectiva. Cátedra de Constr. Architect. Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Abril.

2008(9)

- **COAC Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona.** Con Carlos Ferrater y Patrick Genard. Estudio de caso: Obra Mediapro en Barcelona. Jornada Técnica FORSTER. Noviembre.
- **Escola Elisaba. Barcelona.** Los nuevos materiales, Mesa Redonda. Noviembre.
- **UPC Universitat politécnica de Catalunya,** ETS. d'Arquitectura de Barcelona-ETS Arquitectura del Vallés, Master Tecnología de Construcción. Barcelona. Octubre.
- **UPV Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** II Master Fachadas Ligeras. San Sebastián Octubre.
- **Colegio de Arquitectos de Madrid.** Jornada Técnica nuevos envolventes. EURONIT-ETERNIT. Julio. Madrid.
- **Col·legi d'Arquitectes de Catalunya. Barcelona.** Amb Gascón i Roig, Nova Seu de la Cambra de Comerç de Barcelona. Junio.
- **Comissió de Cultura de Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.** Barcelona. Taula Rodona Nous perfils professionals. Marzo.
- **Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** Master Fachadas Ligeras. San Sebastián. Febrero.
- **Jornada Técnica de Formación.** HYDRO Building Systems. Granollers. Enero.

2007(6)

- **Facultad de Arquitectura de la Universidad del País Vasco,** Master Fachadas Ligeras. San Sebastián Octubre.
- **Jornadas Técnicas Construmat-Asefave.** Conferencia Energía y Confort. Código Técnico y las Fachadas Ligeras. Barcelona. Mayo.
- **Jornadas Técnicas Construmat-Asefave.** Mesa Redonda. El Código Técnico y las Fachadas Ligeras. Barcelona. Mayo.
- **Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda Colectiva. Cátedra de Construcciones Arquitectónicas. Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Abril.
- **Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid.** Jornada Fachada Ventilada con placas EURONIT-ETERNIT. Junio. Madrid.
- **Jornada Técnica Metales Extruidos-KL.** Estructura, fachadas Ligeras y muros cortina. La Llagosta. Julio.

2006(12)

- **Escola profesional Col·legi Arquitectes Illes Balears.** Palma Mallorca. “El vidre a les façanes lleugeres” Palma de Mallorca. Noviembre.
- **Institut de Tecnología per la edificació de Catalunya.** ITEC Barcelona. Jornades Fachada Ventilada placas EURONIT. Octubre, Barcelona.
- **Escola profesional Col·legi arquitectes Balears.** Palma Mallorca. Cicle de conferències de Biosca & Botey. El Paisaje iluminado. Palma de Mallorca. Octubre.
- **Fundación Colegio Arquitectos Madrid.** Cicle de conferències de Biosca & Botey. La iluminación de proyectos de grandes dimensiones. Madrid. Noviembre.
- **Fundación Fidas Andalucía.** Cicle de conferències de Biosca & Botey. La iluminación del patrimonio arquitectónico. Sevilla. Octubre.
- **Fundación FAD. Barcelona.** Cicle de conferències de Biosca & Botey. Barcelona. Iluminar espacios Singulares. Noviembre.
- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. Curs “La Fachada prefabricada” Demarcació de Girona-Figuera. Junio.
- **4º. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** “Pros, contras y futuro de las Fachadas de doble piel”. San Sebastián. Junio.
- **4º. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** Mesa redonda, presente y futuro de las fachadas ligeras. San Sebastián. Junio.
- **Col·legi d'Arquitectes Tècnics i Aparelladors de Catalunya.** Curso: Materiales para una construcción sostenible. Barcelona. Marzo.
- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. Curs “La Fachada prefabricada” Demarcació de Barcelona. Marzo.
- **Escuela de Arquitectura de Madrid.** Master Vivienda. Cátedra de Construcciones Arquitectónicas. Nuevas tecnologías para viviendas. Madrid. Marzo.

2005(5)

- **Jornadas de formación. Saint-Gobain-Unfeac.** Madrid. 30 Noviembre.
- **Escuela de Arquitectura de Madrid.** De la Idea al proyecto y a la realidad construida. Cátedra de Construcciones Arquitectónicas. Madrid 8 de Octubre.
- **Col·legi d'Arquitectes Tècnics i Aparelladors de Catalunya.** Seminario fachadas ventiladas. Barcelona. 1 y 8 Marzo.
- **Jornadas Técnicas Construmat-Asefave.** Conferencia y Mesa Redonda. La Calidad un Objetivo Común. Barcelona. Abril.
- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. Curs “La Fachada com

entramat”. Demarcació de Barcelona. Abril.

2004(7)

- **Jornadas Técnicas Grupo Aluman.** Fachadas singulares, Barcelona del Forum 2004. Arteixo Febrero.
- **Escola d’Arquitectura de la Salle-U.R.LL.** Projectes i Façanes Lleugeres. Barcelona. Abril.
- **Colegio de Arquitectos de Galicia.** Delegación de Vigo. Conferencia Presentación Master Arquitectura y Nuevas Tecnologías. Vigo. Junio.
- **Escuela T. Sup. Arquitectura,** A Coruña. Conferencia, Presentación Master Arquitectura y Nuevas Tecnologías. A Coruña. Julio.
- **Arquitectura y Nuevas tecnologías de fachadas.** Conferencia y Mesa redonda. Presentación Tectónica Muros Cortina. Mesa redonda. Torre Agbar. Barcelona. Julio.
- **Inter-Consulting Conferencias y Mesa redonda.** De la idea del Arquitecto, a la fachada construida. Barcelona. Noviembre.
- **Jornadas Técnicas de GOP, Ingeniería y Arquitectura.** Conferencia. La energía y las fachadas. Madrid. Noviembre.

2003(4)

- **Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón.** Ciclo Construir la Arquitectura. Fachadas de Doble piel. Zaragoza Marzo.
- **Escola Massana. Barcelona.** La Torre Agbar. Cristiano Benzoni i Xavier Ferrés. Marzo.
- **3er. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** Fachadas de doble piel. San Sebastián. Junio.
- **Jornadas Física y Arquitectura.** Obra en Curso. Un proyecto común. Fac. Ciencias Físicas Zaragoza. Octubre.

2002(7)

- **Cidemco. Centro Tecnológico.** Inauguración del Banco de Ensayos. Jornada Técnica. Procesos de diseño y prototipos de fachada. Proyecto, laboratorio y obra. Azpeitia. Mayo.
- **Col.legi d’Arquitectes Tècnics i Aparelladors de Catalunya.** Seminario fachadas de doble piel. Barcelona. Octubre.
- **Asamblea Anual de la FAECF.** Federation of European Window and Curtain Wall Manufacturers’ Associations. Modos de proyectar. Obra reciente en Barcelona. Barcelona. Octubre.
- **Jornada Hydro Building Systems-Aldural.** Arquitecturas y fachadas más allá del 2000. Buenos Aires. Noviembre.
- **Facultad de Arquitectura.** Buenos Aires. Arquitecturas y fachadas, una visión de futuro, Noviembre.
- **Escuela Superior de Arquitectura de Palermo.** Arquitecturas y fachadas, una visión de futuro, Noviembre 2002. Buenos Aires.

Noviembre 2002.

- **Associació Consultors d’Estructures.** Vincles estructura-fachada. (Conferència d’ingrés) Barcelona. Noviembre.

2001(3)

- **Construmat,** Jornada Técnica Asefave, La fachada acristalada. Ciudad de las Comunicaciones de Telefónica en Madrid. Barcelona.
- **Jornadas Técnicas - Grupo Aluman.** Muros Cortina. Arteixo Mayo.
- **Col.legi d’Arquitectes Tècnics i Aparelladors de Catalunya.** Seminario fachadas metálicas. Puesta en obra. Patologías, durabilidad y mantenimiento. Barcelona. Junio.

2000(2)

- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. Rehabilitació d’edificis concrets. Demarcació de Barcelona.
- **2º. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** Diagonal 682, un ejemplo de gestión Técnica San Sebastián.

1999(3)

- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. El projecte executiu. Diagonal 682. Demarcació de Barcelona.
- **Escola Tècnica Superior d’Arquitectura Vallés.** Secció de tecnologia, Dep. Construccions Arquitectòniques.
- **Escola T. S. d’Arquitectura Barcelona.** Secció de tecnologia, Dep. Construccions Arquitectòniques.

1998(1)

- **Expo CONCRETA.** Ventanas y fachadas singulares. Departamento técnico de Aluman, Oporto.

1997(3)

- **Escola T. S. d’Arquitectura Barcelona.** Secció de tecnologia, Dep. Construccions Arquitectòniques.
- **1er. Congreso Nacional de Fachadas Ligeras.** El fuego y las fachadas ligeras. San Sebastián.
- **Exposició Eduard Ferrés i Puig,** Arquitecte.1987-1928. Conferencia presentació de la Biografía: “Un Arquitecte Innovador”. Vilassar de Mar.

1996(1)

- **Escola T. S. d’Arquitectura Barcelona.** Secció de tecnologia, Dep. Construccions Arquitectòniques. Manteniment i Durabilitat de Façanes Lleugeres.

1995(1)

- **Escola Tècnica Superior d’Arquitectura Vallés.** Secció de tecnologia, Dep. Construccions Arquitectòniques. Façanes

singulares, Obra recent Construida.

1994(2)

- **Escola profesional Sert.** C.O.A.C. Fachadas acristaladas y silicona estructural. Demarcació de Barcelona.
- **Escola Tècnica Superior d'Arquitectura Vallés.** Secció de tecnología, Dep. Construccions Arquitectòniques. Obra recent Construida.

1992(1)

- **Col.legi d'Arquitectes de Catalunya.** Tecnología y fachadas. Demarcació de Barcelona.

17.2. Listado de publicaciones relevantes.

- AA.VV. Manual de producto AENOR-ASEFAVE. 2ª edición “La fachada Ligera”. “Muros cortina” Ilustraciones y Fachadas especiales. Anexos, Detalles constructivos, patología, uso y mantenimiento, rehabilitación, pliego de Condiciones. Mayo.2015
- AA.VV. Summa Arquitectónica, Mostra de Dibuxos de Xavier Ferrés Padró. La Sala Vinçon, Maig 2012
- AA.VV. Architecture & Construction - From concept to Product. “Construction Lab 2011”, Detmold University (GE) Facade Consultant, a process from the Idea to the detail. Birkhauser. Mayo 2011
- AA.VV. Manual ASEFAVE. “Manual de Instalación de ventanas”.
Ilustraciones de Detalles constructivos, y textos de patologías y pliego de condiciones. Mayo 2011
- AA.VV. Manual de producto AENOR-ASEFAVE. “La ventana”. Anexos, Ilustraciones de Detalles constructivos, patologías y Pliego de Condiciones. 2ª Edición, 2009
- AA.VV. Manual de producto AENOR-ASEFAVE. “La fachada Ligera”. “Muros cortina” Ilustraciones y Fachadas especiales.
Anexos, Detalles constructivos, patología, uso y mantenimiento, rehabilitación, pliego de Condiciones. Mayo 2006
- AA.VV. Manual de producto AENOR-ASEFAVE. “La ventana”. Anexos, Detalles constructivos, patologías y Pliego de Condiciones. Abril 2004.
- ARAUJO Ramón-FERRÉS Xavier, Tectónica. Nº 16. Muros Cortina. Abril 2003
- FERRÉS Xavier. FOLCH, Andreu, FOLCH Ramón. Eduard Ferrés i Puig. Arquitecte 1872-1928. La Comarcal Edicions, Ajuntament de Vilassar. 1997

Listado de artículos publicados

17.3. Listado de artículos en revistas y libros de ponencias de congresos.**2016(1)**

1. Vitrea nº71. Vidrio. ¿Dónde estamos, dónde vamos? Mesa redonda. Marzo.

2015(1)

1. Arquitectura VIVA nº172-2015. Policarbonato Light Material-Light Construction. Abril.

2014(3)

1. Arquitectura de Fachadas Ligeras. AFL Nº01-2014. Diez ideas sin respuesta. Mayo.
2. Arquitectura de Fachadas Ligeras. AFL Nº02-2014. Almagro 9 Madrid. Noviembre.
3. Novoperfil Nº especial 25 Años. Futuro de las fachadas ligeras. Noviembre.

2012(5)

1. Habitat Futura. “Hablamos de fachadas y de energía” Diciembre.
2. Estudio Lamela Arquitectos. Obra 2008-2012.
3. Ponencias 6º Congreso Internacional de Fachadas Ligeras. San Sebastián “Metodología de proyecto; un proceso hacia el límite”. Junio.
4. Arquitectura de Fachadas Ligeras. AFL Nº02-2012 Rehabilitación nuevas estrategias. Julio.
5. Arquitectura de Fachadas Ligeras. AFL Nº01-2012- Estudio Lamela Edificio Ebroza Madrid. Mayo.

2010(1)

1. Ponencias Congreso FACADE 2010 Luzern Hochschule 2010. “Façade refurbishment, new strategies”.

2009(3)

1. Hueco Arquitectura Año 7 nº2. Ferrés Arquitectos, Consultoría de Fachadas. Mayo
2. Ponencias 5º Congreso de Nacional de Fachadas Ligeras. San Sebastián. “Prototipos, el final de un proceso”. Junio
3. Novoperfil Nº especial 20 Años. Futuro de las fachadas ligeras. Noviembre.

2007(1)

1. Construmat ASEFAVE Libro de ponencias Jornada Técnica. El Código Técnico y las Fachadas Ligeras. Diciembre.

2006(10)

1. Novoperfil. Nº, páginas 41-50. Futuro de Fachadas de doble piel. Octubre 2006.
2. Ponencias 4º Congreso de Nacional de Fachadas Ligeras. San Sebastián 2006. “Pros, Contras y futuro de Fachadas de doble piel”.
3. Manual de producto AENOR-ASEFAVE. “La fachada Ligera”. “Muros cortina” Fachadas especiales. Anexos, Detalles constructivos, patologías y Pliego de Condiciones. Mayo.
4. Ventanas puertas y cerramientos en la arquitectura. Especial Arquitectura. Nº 95. Pag.6-2.
5. Novoperfil. Edición especial VETECO 2006, páginas 88-95. Montaje de la ventana en la fachada. May.
6. Opinió 1 Escola Sert. C.O.A.C. 180 Fichas. Conferencia Curs “La Fachada prefabricada” Fachadas, murs cortina. Construcció. Mayo.
7. Experimenta. nº 54. Gener 2006. Otra visión de la Torre Agbar. Pag. 44-47.
8. Informaciones de luz. nº 33 Nueva Terminal de Barajas.
9. Detail. nº Especial Fachadas. Ene-Feb Año 2006. Torre Agbar. Técnica. Pág. 77-80.
10. Baumeister. Nº 106. Enero 2006. Construcción de fachadas de la Torre Agbar.

2005(6)

1. The Outlook Magazine-Hong Kong. Nº 43. Nov. 2005. Entrevista páginas 66-70.
2. Novoperfil. Nº162, páginas 41 y 51-55. La Torre Agbar, Proyecto de Fachadas. Diciembre.
3. Quaderns. Nº 246. Noves materialitats. Artículo y entrevista. Pag. 66-75 Junio.
4. Constructiva-Illuminació 05 nº 25. Opinan los profesionales. Cuestionario. Pág. 41. Abril 2005.
5. Nikkei Press. Tokyo. Architectural Revue. Consultores de fachadas en España y en Europa. Artículo. Pág. 89 a 97. Junio 2005.
6. Construmat 2005. Jornada Técnica. Asefave. Mesa Redonda. La calidad objetivo compartido. Barcelona. Diciembre.

2004(10)

1. Centre de Convencions Internacional Barcelona de Josep Lluís Mateo. Editorial Actar. Barcelona. Diciembre.
2. Heraldo de Aragón- Zaragoza, 23 Nov. 2004 De la Arquitectura de fachadas, la física aplicada.
3. Novoperfil. nº150 Especial 15 Aniversario. 1989-2004. Evolución de las Fachadas ligeras en España en los 5 últimos años. Artículo. Págs. 336-340. Noviembre.
4. Ventanas puertas y cerramientos. Especial Ingeniería de Fachadas.
5. Fachadas de doble piel. Artículo. Octubre.
6. Poster de Presentación de Greenfacade, Congreso Eurosun. Fachadas Multifuncionales. Julio.
7. Ventanas puertas y cerramientos. nº 81. Fachadas de doble piel. Enero 2004.
8. Ventanas puertas y cerramientos. nº 81. Bis Especial 2003, Quién es Quién. Fachadas de doble piel. Enero.
9. M-Grup nº16. La Torre Fulgurante. Antoni Pérez Mañosas. Artículo Colab. Xavier Ferrés. Barcelona 1er.Trim.2004.
10. CONSTRUCTIVA-ENVOLVENTES 03-04 nº 18. Fachadas de doble piel. Marzo 2004.

2003(5)

1. NOVOPERFIL. nº 136. Especial Construmat 2003. Ponencia de la Reunión anual de la FAECF. Projectando Fachadas. Mayo 2003.
2. NOVOPERFIL. nº 139. Fachadas de doble piel. Fachadas Multifuncionales. Septiembre 2003.
3. CONSTRUCTIVA-ENVOLVENTES-03 nº -- Entrevista. Septiembre 2003.
4. 3er Congreso de Nacional de Fachadas Ligeras.
5. Ponencia: Fachadas de doble piel, Fachadas multifuncionales. Cidemco, 2003.
6. VITREA. nº 24. Especial Construmat. Entrevista, personajes del vidrio. Abril- Mayo.

2001(2)

1. *NOVOPERFIL. nº ---. La fachada acristalada, una central de producción de energía limpia. Ciudad de las Comunicaciones Telefónica de Madrid. Barcelona 2001.
2. Construmat 2001. Jornada Técnica. Asefave. La fachada

acristalada, una central de producción de energía limpia. Ciudad de las Comunicaciones de Madrid. Barcelona.

2000(3)

1. NOVOPERFIL. nº 112. Diagonal 682 de Barcelona. Un ejemplo de gestión técnica. Diciembre 2000.
2. 2º Congreso de Nacional de Fachadas Ligeras. Ponencia: Edificio de Oficinas, Diagonal 682 Barcelona. Un ejemplo de gestión Técnica Cidemco, San Sebastián, Junio 2000.
3. IMPRESIONS PARALEL.LES. (Escola Massana). Eduard Ferrés i Puig Arquitecte.

1998 (2)

1. Novoperfil. nº. Especial Veteco-98. El Fuego y las Fachadas Ligeras. Abril 1998.
2. MONTAJES E INSTALACIONES. nº 319.Comportamiento al Fuego de diferentes soluciones de encuentro forjado- fachada. Julio-Agosto.

1997(2)

1. Catàleg Exposició antològica Eduard Ferrés i Puig Arquitecte 1872-1928

Vilassar de Mar Julio.

2. 1er Congreso de Nacional de Fachadas Ligeras. Ponencia: El fuego y las Fachadas Ligeras. Cidemco.

1996 (4)

1. VENTANAS PUERTAS Y CERRAMIENTOS. nº 38. Entrevista. Especial Fachadas y muro cortina.
2. VENTANAS PUERTAS Y CERRAMIENTOS. nº 38. Fachadas de la Sede Central del RACC.
3. EL PERIODICO. Especial Arquitectura. La Seu Central del RACC. 26 Sept. 1996.
4. NOVOPERFIL. nº 000. Arquitectura con perfil. Reactor Fotoquímico de Valencia. CEAM. Nov 1996.

01995 (1)

1. BIOSCA FACHADAS LIGERAS. Catálogo de cerramientos. (Texto, fotografías y croquis).

1993 (1)

1. NOVOPERFIL. nº 40. Los Cerramientos del Edificio Diagonal Sarriá-Caja Madrid Noviembre.

obra y proyectos en curso - 2017

•Edificio de Oficinas. Caracas, Venezuela
José Otamendi



•Hospital Montero. Montero, Bolivia
Pm,Mt. Patricio Martínez, Maximia Torruella, arquitectura



Sector A

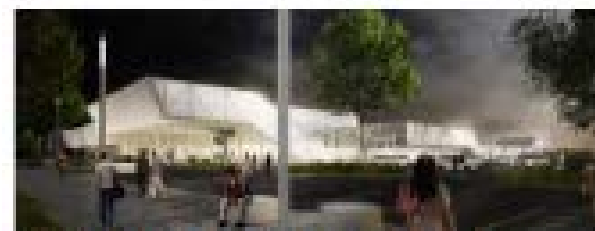


Sector B

•Concurso privado. Masterplan Sector Falguero. Hotel + Residencial
Escaldes-Engordany, Andorra
Orabitg Arquitectura – Estudio Lamela



•Rabat Tower. Rabat-Salé, Marruecos
Rafael de la Hoz



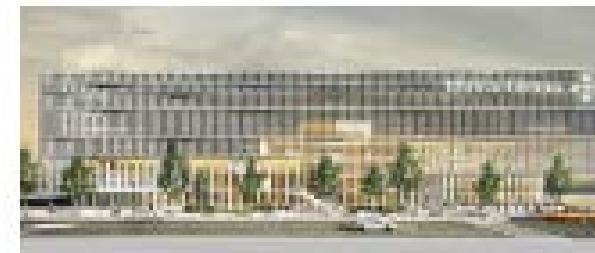
•Equipamiento y Hospital de Manta
Manta, Ecuador
Pm,Mt. Patricio Martínez, Maximia Torruella, arquitectura



•Edifici d'Oficines Barcelonesa 22@.
Barcelona
GCA arquitectes associats



•The Cloud. Andorra Telecom GQ.
Andorra La Vella, Andorra
ARID Arquitectura – MIA Architects



•Clínica Girona. Girona
Pm,Mt. Patricio Martínez, Maximia Torruella, arquitectura



•Edificio de Oficinas, ámbito antigua fábrica Can Batlló. Barcelona
Batlle i Roig Arquitectes



•Estación Rabat Agdal. Rabat, Marruecos
Cabinet Melehi Architectes, OMTEQ



•Rehabilitación y Reforma Edificio Estel.
Hotel y viviendas. Barcelona
GCA arquitectes associats



•Rehabilitación y Reforma de la Estación Rabat Ville. Rabat, Marruecos
A.Mountassir, ARCHITECTE D.P.L.G



•Sede de la CIMR. Casablanca, Marruecos
D.L.2.A, lead-architecture, OMTEQ



•La Querola. Ordino, Andorra
*AJN Ateliers Jean Nouvel
J. Ribas G. – J. Ribas F.
Arquitectura Naudi-Sala*



•Cruise Terminal E. Barcelona
Batlle i Roig Arquitectes

•Edificio Residencial Diagonal Zero. Barcelona
Fitarq – Studio Odile Decq

2016



•Torre ASTRO. Bruselas
Estudio Lamela / Altiplan Bruselas.

•Hotel Hard Rock. Ibiza
Ferrés Arquitectos y Consultores



•Casablanca Financial City. Casablanca, Marruecos
Rafael de la Hoz, H. Benjelloun, OMTEQ



•Concurso. Rehabilitación Camp Nou. Finalista. Barcelona
Populous - MIAS Architects - RCR Arquitectes - Ferrés Arquitectos y Consultores



•Edificio de Oficinas Quatre Casas Diagonal 22@ Barcelona
GCA arquitectes associats

2015



•Motel One. Porte Dorée, París. France
Colomer-Dumont-McBod



•Al Mana residencial tower. Doha, Qatar
Estudio Lamela

•Rehabilitación y Reforma de Centro Canalejas. Madrid
Estudio Lamela.

2014



•Parroquia de Sant Boi de Llobregat
Jordi Coll, Arquitecto



•Philharmonie Szczecin. Poland
EBV. Estudio Barozzi Veiga



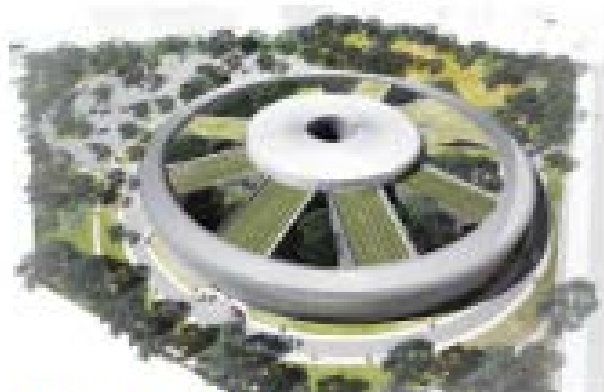
•Edificio de Oficinas Cristal.
Rehabilitación de Fachada
Barberà del Vallès, Barcelona
Ferrés Arquitectos y Consultores

•Plan Director de Iluminación del Passeig
de Gràcia. Barcelona
Anoche- Ferrés Arquitectos y Consultores

•Hangar de diseño para Mango
Palau-Solità i Plegamans
GCA arquitectes associats



•Sistema Constructivo para Hospital
Paramétrico. Varias ciudades,
Angola, Ecuador
Pm,Mt. Patricio Martínez, Maximilà
Torruella, arquitectura



•Clínica de Diagnóstico.
Hospital Paramétrico. Angola
Pm, Mt – arquitectura

•Rehabilitación de fachada, Sede COAC.
Barcelona
Bonell i Gil Arquitectes



•Aeropuerto Internacional de
Nouakchott, Mauritania
Créa Aménagements, BenLao Consulting

2013



•Rehabilitación integral de edificio de
Oficinas, Diagonal 640. Barcelona
BASS Arquitectes

•Reforma de edificio de Oficinas y
Viviendas. Sede Banco de Caminos.
Madrid
Ruiz Barbarin, Arquitectos

•Restauración y Ampliación del Museo
de Arte e Historia. Ginebra
Ateliers Jean Nouvel. Architectures
Jucker S.A. DVK Architects



•Edificio de Viviendas Beirut Park
Seaview. Beirut
Mateo Arquitectura- GmbH



•Reforma integral de edificio de
Oficinas, Balmes 49. Barcelona
TAC Arquitectes-Gascón, Roig

•Hotel Hard Rock. Tenerife
Sales & Ass. - Ferrés Arq. y Consultores

•Revestimiento para Interior de Túnel.
Fehmarn Belt. Alemania-Dinamarca
AECOM



•Remodelación del Basamento de
Edificio de Oficinas. Pza. Colón, Madrid
Estudio Lamela

•Hotel Accor, Complejo Comercial y
Oficinas. Reims, France
Colomer-Dumont-McBad



•Edificio de Oficinas. QBC06 Quartier Bellvedere Central. Viena, Austria
Estudio Lamela

•Sede Parlamento. Malapolska. Crakovia
TAC Arquitectes - Ramon Sanabria



•Oficinas, Torre Catalunya Caixa. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona
Rafael Moneo - Lucha Marcial Architects GCA arquitectes associats

•Parque empresarial Cerro de los Gamos Pozuelo de Alarcón, Madrid
BOPBAA Arquitectes.



•Chain Hotel. Brazzaville, Rep. del Congo



•Chain Hotel. Douala, Camerún
GCA arquitectes associats



•2 Torres "Cupulins". Sagrada Família. Barcelona
Jordi Fauli, Arquitecte (Director de obra)

•4 Torres Evangelistas. Sagrada Família. Barcelona
Jordi Fauli, Arquitecte (Director de obra)

2012



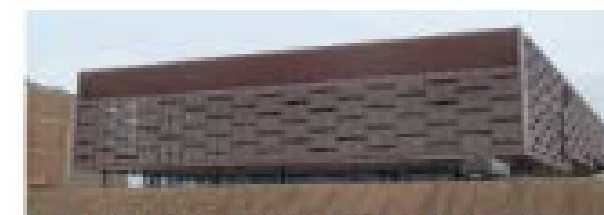
•DHUB Barcelona. Centro de Diseño
MBM Arquitectes

•Bilbao 22@ Parque Empresarial. Barcelona
BCA. Blanch + Conca Arquitectura



•Reforma de edificio de Oficinas Gmp, Vía de los Poblados. Madrid
Estudio Lamela, arquitectos

•Rehabilitación Les Tours Mercuriales. Paris
Ferrés Arquitectos y Consultores Jean-Pierre Bouanha



•CTM Centro Tecnológico Manresa
TAC Arquitectes-Gascón, Roig

2011

•Hotel Catalonia. Barcelona
Ateliers Jean Nouvel, J. Ribas G-J. Ribas F

•Ciutat Esportiva FCB- La Masia. Barcelona
PB2 - Llobet Bach Associats



•Sede RBA ediciones. Barcelona
MBM-Martorell-Bohigas-McKay



•Estación Sant Andreu Comtal Barcelona
íneco - BOPBAA Arquitectos

•Edificio de Oficinas Pegaso Park. Madrid
Estudio Lamela, arquitectos

2010

- Mercat del Ninot. Barcelona
Josep Lluís Mateo-Mateo Arquitectura

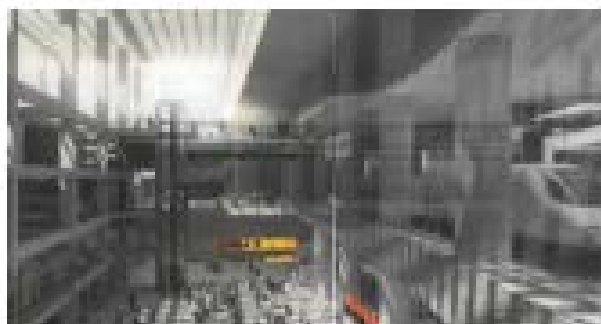


- Torres PORTA FIRA. L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona
Toyo Ito - b720 Arquitectos

- Complejo Residencial Beirut. Líbano
Josep Lluís Mateo-Mateo Arquitectura

- Obras exteriores en fachada. Edificio de Oficinas, Almagro 9. Madrid
GCA - Ruiz Barbarán arquitectos.

- Hotel Souani / Hotel Resort Quemado Marruecos
Patrick Genard & Asociados

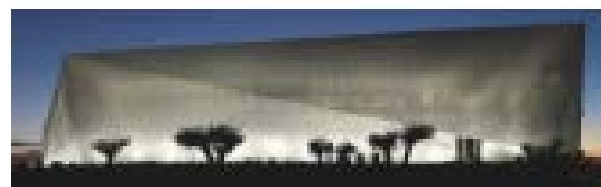


- Estación Sagrera Alta Velocidad. Barcelona
Promotor: ADIF
TAC Arquitectes-Gascón, Roig + TEC-4

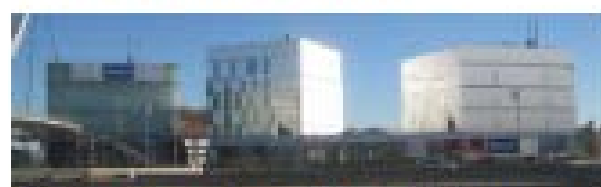
2009

- Hospital Trueta. Girona
Josep Lluís Mateo-Mateo Arquitectura

- Zoo Marino. Manglar, Aviario, Delfines y Arrecifes. Barcelona
Barcelona Regional



- Sede John Deere. Parla-Madrid
Estudio Lamela, arquitectos



- Centro de arte y residencia Almozara. Milla Digital. Zaragoza
Colomer-Dumont-McBaid, París



- Parque empresarial Post Expo. Zaragoza
Estudio Lamela, arquitectos

- Hospital Ernest Lluch. Barcelona
Promotor: GISA / CatSalut
b-720 arquitectos

- Edificio de Oficinas Espais Diagonal Zero. Barcelona
Ferres Arquitectos - Jaume Fitó TRAM

2008

- Banco de Sabadell. Sede Corporativa Can Joan – Sant Cugat
Bach Arquitectes

- Edificio de Oficinas CMT 22@. Barcelona
Batlle i Roig Arquitectes



- Ciudad de la Justicia de Catalunya L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona
David Chipperfield Architects - b720 Arq.

- Cámara de Comercio de Barcelona Barcelona
TAC Arquitectes y Xavier Ferrés

- Hotel Sofitel Casa City Center Casablanca
Patrick Genard & Asociados

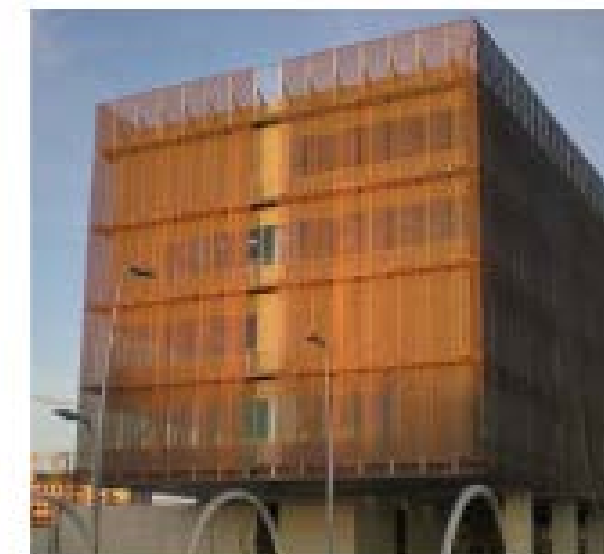
- Hotel Casa Camper. Berlín
Jordi Tió, arquitecte

- Hotel y Oficinas en Lote 1.10 Expo de Lisboa. Lisboa
JSTC & Asociados Arquitectos LDA

- Edificio de Oficinas Atria 22@. Barcelona
TAC Arquitectes

2007

- WTC - Almeda Park Cornellá de Llobregat, Barcelona
Arte & Charpentier, MAP Architects.



- Sede INTECO. León
Navarro-Iopez-Ayesta-Vives. Arq. Asoc.



- Hospital Infanta Leonor. Vallecas, Madrid
VAB-Araujo-Vidal-Berned, arquitectos

- Parc Mallorca. Residencial Palma de Mallorca. Baleares
Ateliers Jean Nouvel, J.Ribas G-J.Ribas F.

- Spiralling Tower. Barcelona
Zaha Hadid

2006

•Viviendas Novoli-Firenze. Italia
Estudi Carme Pinós

•Torres de oficina y de viviendas
Plaza Europa, L'Hospitalet de Llobregat
Alonso & Balaguer Arquitectes Ass.



•Delegación del Gobierno de Catalunya
en las Tierras del Ebro.
Tortosa, Tarragona
Estudio Carme Pinós



•Oficinas, Sede GAES. Barcelona
G-56 Arquitectos

•Edificio viviendas Life Marina Ibiza
Ibiza. Baleares
Ateliers Jean Nouvel, J.Ribas G-J.Ribas F.

•Oficinas 22@ Interface. Barcelona
Batlle i Roig Arquitectes

•Oficinas. Parque empresarial Barajas-2
Madrid
Patrick Genard & Asociados

2005

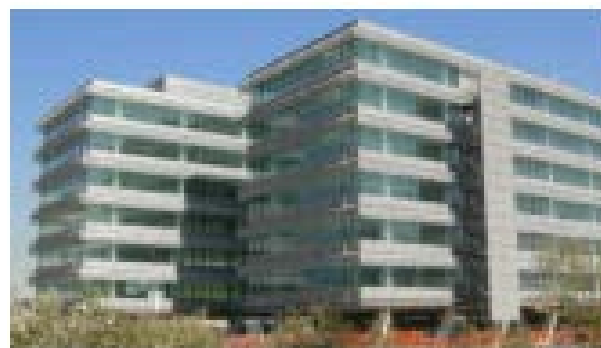


•Edificio de Oficinas Mediacomplex.
Barcelona
Patrick Genard & Asociados - Carlos Ferrater Arqts.

•Edificio de Oficinas GÉNOVA 27. Madrid
Estudio Lamela

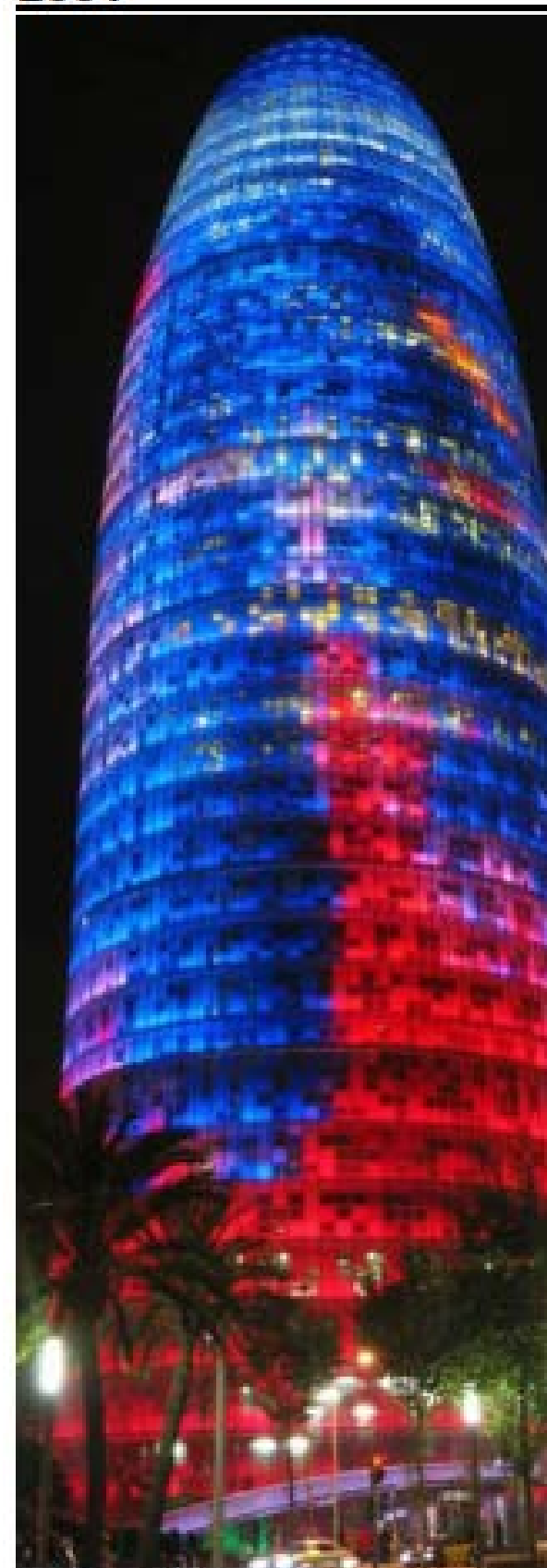
•Instituto Onkológico. San Sebastián
Uslan ARK-Uranga Arquitectos

•Edificio de Viviendas
L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón



•Cristallia Parque Empresarial. Madrid
Estudio Lamela

2004



•Torre AGBAR. Barcelona
Ateliers Jean Nouvel - b720 Arquitectos



•Edificio FORUM 2004. Barcelona
Herzog & De Meuron

•Centre de Convencions Forum 2004
•Hotel AC Forum 2004



•Edificio de Oficinas Consorcio de la
Zona Franca. Barcelona
MAP Architects - Josep Lluís Mateo

•Estación Renfe Cercanías Miribilla
Bilbao
•ineco -TIFSA - Joaquín Montero,
arquitecto



•Edificio de Oficinas UA2 - Bouygues City
22 @ Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón

2003



•Torre Llacuna Barcelona-Activa
Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón



•Edificio de Oficinas BCA. Barcelona
Blanch & Conca, Arquitectos

•City Metropolitana.
L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona
Ateliers Jean Nouvel, J.Ribas G-J.Ribas F.

•Edificio de Oficinas Mirasol
Sant Cugat del Vallés, Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón

2002



•Edificio Oficinas Sant Joan Nord
Sant Cugat del Vallés. Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón

•Mediapró Estudios.
Sant Joan Despi, Barcelona
Patrick Genard & Associates
•Nueva Área Terminal, Aeropuerto de
Barajas. Madrid
Lamela - Rogers & Partners, Arquitectos

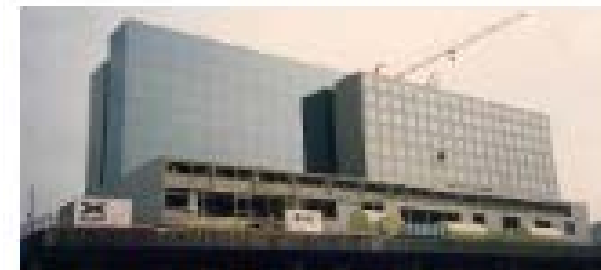


•Centro Internacional de Medicina
Avanzada. Barcelona
Alonso & Balaguer Arq. Ass.

2001 - 1989



•Hospital de Sant Pau. Barcelona
Bonell i Gil. Arquitectes



•Hotel Barceló-Renfe Sants, Barcelona
Viaplana-Piñón-Mir-Coll, arquitectos



•L'Illa Diagonal-Winterthur. Barcelona
Rafael Manero - Solá Morales, arquitectos



•Ciudad de las Comunicaciones de
TELEFÓNICA. Madrid
Estudio Lamela



•TV3 - Televisión de Catalunya – CEI
Sant Just Desvern, Barcelona
Pamias Ingeniería



•Torre Diagonal 682. Barcelona
TAC Arquitectes - Eduard Gascón

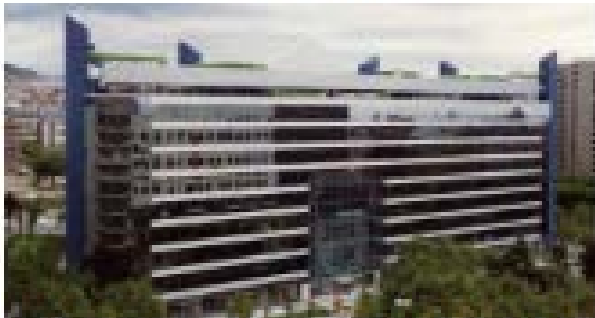


•Edificio Puerta UP-53. Barcelona
Roser Amadó – Lluís Domènech, arq.

•Sede Central de Sanitas. Madrid
Ortiz-León, arquitectos

•U.P.C. Campus Nord. Manresa.
Barcelona
Sabaté – Espeche arquitectos

•Edificio Zurich Seguros. Barcelona
Moro & Sucheiron, Ingenieros



•Edificio Prima Inmobiliaria -Caja Madrid
Diagonal 640, Barcelona
José M^º Fargas, arquitecto

•Sede Social R.A.C.C. Barcelona
Batlle-Raig-Ribas, Arquitectos

•Edificio de Viviendas y Locales
Comerciales. Vilassar de Mar, Barcelona
Farrés-Ferrés-Pascual Arq. Ass.

•Casa Batlle. Barcelona
Pich-Aguilera Arquitectos



•Edificios Elvisport. Ibiza
Sastre – Cortada, arquitectos

•Oficinas I.N.E.M.
Estación del Norte, Barcelona
José M^º Fargas – Enric Tous, arquitectos



•Edificio de Oficinas Prima Inmobiliaria
Passeig de Gràcia, 9. Barcelona
José M^º Fargas, arquitecto



•Estudios para TV. Mediapark.
Sant Just Desvern. Barcelona
Pamias Ingeniería.